



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

OKTA LAILIA RAHMAWATI
NRP.10111500000063

NIZARRAHMAN NOOR
NRP. 10111500000077

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

OKTA LAILIA RAHMAWATI
NRP.10111500000063

NIZARRAHMAN NOOR
NRP. 10111500000077

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



APPLIED FINAL PROJECT - RC 145501

DESIGN OF 5 STORY POSTGRADUATE BUILDING IN PALEMBANG CITY USING INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

OKTA LAILIA RAHMAWATI
NRP.10111500000063

NIZARRAHMAN NOOR
NRP. 10111500000077

SUPERVISOR I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

SUPERVISOR II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

DIPLOMA III PROGRAM
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

Mahasiswa I



Okta Lailia Rahmawati
10111500000063

Mahasiswa II



Nizarrahman Noor
10111500000077

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing I Dosen Pembimbing II



Prof. Ir. M. Sigit Darmawan M.Eng.Sc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

Affif Navir Refani, ST., MT
NIP. 19840919 201504 1 001

24 JUL 2018

SURABAYA, JULI 2018



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 4 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Gedung Pascasarjana 5 Lantai Di Kota Palembang Dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah		
Nama Mahasiswa	Okta Lailia R	NRP	10111500000063
Nama Mahasiswa	Nizarrahman Noor	NRP	10111500000077
Dosen Pembimbing 1	Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 196307261989031003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST. MT NIP 198409192015041001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
.....	Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 196307261989031003
- Cek Gambar (coretan Benar)	
.....	Afif Navir Refani, ST. MT NIP 198409192015041001
- Cek / buat verifikasi gambar dalam masing 2 kolom & Balok - Cek gambar geser, lentik, indeks, dan balok atas ✓ - Cek balok susut 4 Balok atas ✓ - Cek pembebanan area kantilever ✓	
.....	Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002
- Penempatan tabel disunatkan ✓ - Perhitungan hitung 2 an berat dan perhitungan volume ✓ - Cek dan gambarkan panjang penyaluran sesuai SNI 2847:2013 ✓ - Cek balok - kolom (dein) + penempatan arangnya ✓ - Cek (de) tekam (de) (panjang penyaluran hook) ✓ - Simulasi pendangan sloof. (CPCA cat)	
.....	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 196307261989031003	Afif Navir Refani, ST. MT NIP 198409192015041001	Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 196307261989031003	 Afif Navir Refani, ST. MT NIP 198409192015041001



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 OKTA LAILIA R
 : 1 101115000000 03
 : PERENCANAAN ULANG "STRUKTUR GEDUNG" PASCAJAMAH 5 LANTAI DI KOTA "PALEMBANG" DENGAN SISTEM RANGKA PEMUKUL MOMEN MENENGAH (SRPMN)
 : 2 NIZARRAHMAN NOOR
 : 2 101115000000 77
 : 1. Prof. Ir. M. SIBIT DARMAWAN, M.Eng Sc. Phd
 : 2. APF HAVIR REYANI, ST-MT.

Dosen Pembimbing

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	28 Desember 2017	- Gambar, perubahan-perubahan ditunjukkan				
		- Pada bab 2 ditampikan denah, tampak.				
		Gambar lengkap diberi pada lampiran		B	C	K
		- Bab 3 SRPMN dan cara menghitungnya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		18 Tidak usah tebal-tebal, seperti rumah p. tek. perlu				
		4/ presentasi : 1. Menentukan batasan-batasan				
		Bentuk permodelan SAP.		B	C	K
2.	10 Januari 2018	- Tetap mencantumkan plat dan tangga		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Revisi judul proposal				
		- Permodelan dicantumkan				
4.	16 Januari 2018	- Menghitung kebutuhan tulangan kolom dan balok		B	C	K
		per m ³ beton		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Menyalaskan orang-orang				
		- SRPMN dijelaskan				
6.	14 Februari 2018	- Beban angin melihat fungsinya, jika		B	C	K
		dibutuhkan maka dihitung.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Memakai ASCE jika di peraturan SNI				
		baru tidak ada				
		- Gambar dipasang As.		B	C	K
7.	3 April 2018	- cek reaksi vertikal (satu kolom kiri, satu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		kolom tengah), cek sap dg manual				
		- portal melintang dan memanjang				
		- dihitung flat sesuai fungsi bangunan.				

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 OKTA LAUIA R

2 NIZAKRAHMAN NOOR

NRP

: 1 10111500000063

2 10111500000077

Judul Tugas Akhir

: PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDEBUNG PAICASARJANA 5 LANTAI
 DIKOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SKPM)

Dosen Pembimbing

: 1. Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN, M. Eng Sc. PhD
 2. AFIF NAWIK REYANI ST, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
3	10 Januari 2019	1. Menambah jumlah lantai 5 / 6. lantai. a. Partisi pada plat tetap dipertahankan, tapi tidak dalam sub bab SKPM		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3. Mengganti judul berdasarkan data tanah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Menghitung KDF				
		5. Output menggunakan aplikasi yang lebih canggih				
		6. Banding uji menggunakan baka		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		7. Beban rencana dengan fungsi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2 Februari 2019	1. Cek beton jenis beton bertulang, bukan hanya beton saja (200 kg/m ³)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2. Perbaiki dari laporan, fig lentur dan momen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3. Cari angin maksimum dalam beberapa periode, bukan hanya saja, maksimum cari maksimum dari periode		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Pada bab IV, jika ada referensi, perbaiki agar tidak salah angkanya. bisa langsung di bab IV atau direferensi ke bab 2.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket

- :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 OKTA ULHA K

2 NIZURRAHMAN MOOR

NRP

: 1 10111500000063

2 10111500000077

Judul Tugas Akhir

: PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG PAS CASARJANTA 5 LANTAI
 DIKOTA PALEMBANG DG SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMUKUL MOMEN
 MENGEAH

Dosen Pembimbing

: 1. Prof. Ir. M. Sibit DARMAWAN, M.Eng Sc. PhD
 2. ADF NAWIR REVAHI ST,MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
11	23 Mei 2018	- Kolom diambil dari 1 kombinasi yg sama				
		untuk peacot				
		- Yang dimasukkan peacot, kontrol P, Mx, My		B	C	K
		dengan 1 kombinasi diambil max		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Sloof diletakkan tanah. Tekan tank disamakan.				
12	30 Mei 2018	- periode gempa 2500th.				
		- geser kolom diambil dari sef peacot		B	C	K
		- d/4 → bukan berarti tdk memenuhi, coba		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		diameter 8				
		- dimensi tdk harus beda tiap bentang,				
		tapi juga tidak harus sama. lihat panjang		B	C	K
		bentang antara masing2 memanjang.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	4 Juni 2018	- Pondasi tetap masuk gambar, mengikuti				
		eksterning				
		- jika tidak butuh tulangan puntir, tidak		B	C	K
		usah ditambah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Garis balok pd daerah plat diganti				
		corus puntir &				
		- Tul. tangga gt mepet, ada jarak.		B	C	K
		- Perbaiki 5x tambah penulangan plat,		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		banyaknya bisa jadi 30 kPa atau lebih.				

Ket.

- :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 OKTA LATUAK 2 NIZAKAHMATT MOOR
NRP : 101150000063 2 101150000077
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN URUT STRUKTUR BUDUNG PAS-CASABAJANA 5 LANTAI
 DILOKASI PEMERINTAH PG SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMERINTAH
 METROHATI
Dosen Pembimbing : 1 Prof. L. M. SIOT DARMAWAN, M.Eng Sc. PhD
 2. AFI HANIK KURNIA ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	28 Juni 2018	• sloof tidak diberi puntir, karena sudah drencengkan tanah. Karpa pada cap tdk dimodelkan pada tanah				
		• Gambar denah penyalakan, bedakan balok yang venunpa dan menrus		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• sloof per dihitung volumenya, per diameter per bentuk kukan dihitung volumenya balok dan kolom. Sengakang juga dihitung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Nama Mahasiswa : Okta Lailia Rahmawati
NRP : 10111500000063

Nama Mahasiswa : Nizarrahman Noor
NRP : 10111500000077

**Jurusan : Diploma III Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil FV – ITS**

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. M. Sigit D., M.Eng.Sc., Ph.D
NIP : 19630726 198903 1 003

Dosen Pembimbing II : Afif Navir Refani, ST., MT
NIP : 19840919 201504 1 001

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir yang berjudul Perencanaan Struktur Gedung Pascasarjana 5 Lantai di Kota Palembang dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ini menggunakan Gedung Pascasarjana, yang lokasi pembangunannya di Kota Palembang, sebagai objek. Pada perencanaan awal, proyek ini didesain 9 lantai dengan 1 basement). Namun untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir, KDS dihitung kembali menggunakan data tanah Kota Palembang dan diperoleh kategori desain seismik C, sehingga digunakanlah sistem struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dengan catatan jumlah lantai diubah menjadi 5 lantai tanpa basement.

Metodologi pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan pengumpulan data, yakni gambar arsitektur dan struktur bangunan, data tanah, serta literatur yang digunakan. Kemudian

menentukan sistem struktur yang digunakan, dan menghitung preliminary design. Selanjutnya dilakukan beberapa analisis, antara lain analisis pembebanan, struktur sekunder, struktur primer yang diteruskan perhitungan penulangan elemen struktur. Sampai dengan tahap ini, dilakukan cek persyaratan, yang apabila tidak memenuhi, maka menghitung ulang mulai dari preliminary design. Apabila memenuhi, maka dilanjutkan ke tahap gambar konstruksi dan menghitung volume penulangan elemen struktur.

Berdasarkan hasil dari perhitungan perencanaan ini, diperoleh perhitungan struktur yaitu terdapat 5 jenis balok induk, 1 jenis balok anak, dan 1 jenis balok kantilever. Tulangan lentur untuk balok induk dipasang D22, D16 untuk balok anak dan balok kantilever. Pada sloof terdapat 3 jenis sloof, yang memiliki diameter tulangan lentur sebesar D19. Pada balok induk menggunakan diameter sengkang D13, dan pada sloof, balok anak dan balok kantilever menggunakan Ø10. Untuk pelat atap dan pelat lantai memiliki ketebalan 12 cm, diameter yang digunakan Ø10. Dan untuk pelat tangga dan pelat bordes memiliki ketebalan 15 cm, diameter yang digunakan D16. Untuk kolom memiliki 1 jenis kolom dengan diameter lentur D22 dan diameter sengkang D13. Pada perhitungan volume tulangan dan cor beton pada satu as melintang, didapat rasio untuk balok rata-rata $217,7 \text{ kg/m}^3$ dan untuk kolom rasio rata-rata adalah $242,17 \text{ kg/m}^3$.

Kata kunci : Bangunan Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.

DESIGN OF 5 STORY POSTGRADUATE BUILDING IN PALEMBANG CITY USING INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM

Name : Okta Lailia Rahmawati
NRP : 10111500000063

Name : Nizarrahman Noor
NRP : 10111500000077

**Department : Diploma III Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil FV – ITS**

Supervisor I : Prof. Ir. M. Sigit D., M.Eng.Sc., Ph.D
NIP : 19630726 198903 1 003

Supervisor II : Afif Navir Refani, ST., MT
NIP : 19840919 201504 1 001

ABSTRACT

The preparation of this final project refers to design of 5 storey postgraduate building in Palembang city using intermediate moment frame method use postgraduate building, the construction site in Palembang City, as an object. However, for the purpose of preparing the Final Project, KDS is recalculated using the land data of Palembang City and obtained by C seismic design category, so that the structure system of Intermediate Moment Frame Method (SRPMM) is used. With the record number of floors changed to 5 storey without a basement.

Initial methodology of this final project are collecting data, contains with image data, soil data, and literatures. After we determine structure system, and calculate preliminary design. Next, several analyzes were done, such as load analysis, secondary structure analysis, primary structure analysis which

continued by calculating structural element reinforcement. Up to this point, requirements check were done, if not meet the requirement, then have to recalculate from preliminary design. If meet the requirement, then proceed the construction to drawing stage and calculate the volume of structural element reinforcement.

The result of this designing calculation, the structure obtained with 5 types of main beam, 1 type of secondary beam, and 1 type of cantilever beam with longitudinal rebar D22 for main beam, D16 for secondary beam, and D16 for cantilever beam. On tie beam, there are 3 types of tie beam, that have a longitudinal rebar D19, both on the main beam using transversal rebar D13, but on the secondary beam, cantilever beam, and tie beam using transversal rebar Ø10. For the slab, both floor and roof slab have a thicknss 12 cm, the diameter used Ø10. And for the ladder slab and bordes slab have a thicknss 15 cm, the diameter used D16. For the coloumn have a 1 type of coloumn, with longitudinal rebar D22 and using transversal rebar D13. In the calculations of the reinforcement and casting of the concrete at one As of transverse ,the ratio for main beam is average 217,7 kg/m³ and for coloumn the ratio of average is 242,17 kg/m³.

Keywords : Building Structure, Intermediate Moment Resisting Frame System.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan baik.

Dalam kesempatan ini, penyusun tak lupa mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara – saudara tercinta, sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materil, terutama doa.
2. Dr. Machsus Fawzi, S.T., M.T., selaku ketua program studi Teknik Infrastruktur Sipil ITS.
3. Bapak Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., PhD dan Afif Navir Refani, ST, MT. selaku dosen pembimbing proposal tugas akhir yang telah banyak memberi bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir.
4. Teman – teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu - persatu, terima kasih atas bantuan dan saran selama proses pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini.

Disadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir Terapan ini.

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Peraturan yang digunakan.....	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.....	5
2.3 Pembebanan	7
2.4 Kombinasi Pembebanan	16
2.5 Perencanaan Elemen Struktur	17
2.5.1 Perencanaan Balok	17
2.5.2 Perencanaan Kolom.....	23
2.5.3 Perencanaan Pelat.....	26
2.5.4 Perencanaan Tangga.....	32
BAB III METODOLOGI	35
3.1 Data Perencanaan.....	35
3.2 Pengumpulan Data.....	36
3.3 Penentuan Sistem Struktur	36
3.4 Preliminary Desain	37
3.5 Pembebanan Struktur	38
3.6 Analisa Gaya Dalam	39
3.7 Perhitungan Penulangan dan Kontrol Persyaratan Struktur	40
3.8 Flowchart	50

3.9 Gambar Rencana.....	58
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur.....	59
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok.....	59
4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom	62
4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof.....	63
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat	64
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga	71
4.2 Perhitungan Pembebanan Struktur.....	74
4.2.1 Pembebanan Pelat.....	74
4.2.2 Pembebanan Tangga.....	76
4.2.3 Pembebanan Dinding.....	77
4.2.4 Pembebanan Angin.....	77
4.2.5 Pembebanan Gempa	81
4.3 Perhitungan Struktur	98
4.3.1 Pelat	98
4.3.1.1 Pelat Lantai 2 Arah	98
4.3.1.2 Pelat Atap 1 Arah	107
4.3.1.3 Pelat Atap 2 Arah	115
4.3.2 Tangga dan Bordes	124
4.3.2.1 Tangga Utama-1	124
4.3.2.2 Tangga Utama-2	133
4.3.3 Balok.....	140
4.3.3.1 Balok Induk	140
4.3.3.2 Balok Anak	183
4.3.3.3 Balok Kantilever.....	219
4.3.4 Sloof	250
4.3.5 Kolom.....	286
4.4 Perhitungan Volume Pembesian	321
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	333
5.1 Kesimpulan	333
5.2 Saran	338
DAFTAR PUSTAKA.....	340
BIODATA PENULIS.....	343
LAMPIRAN	345

- A. Data Tanah
- B. Data Spesifikasi Keramik
- C. Data Spesifikasi Plafond Kalsiboard
- D. Data Spesifikasi Asphalt
- E. Data Spesifikasi bata ringan (citicon)
- F. Data Spesifikasi Acian NP S450
- G. Menghitung berat struktur bangunan
- H. Perhitungan Manual Balok Dan Kolom

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya lintang rencana untuk SRPMM.....	6
Gambar 3.1 Gaya Lintang pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor	41
Gambar 3.2 Faktor Panjang Efektif (k)	47
Gambar 3.3 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor	48
Gambar 4.1 Denah Perencanaan Balok Induk 1	59
Gambar 4.2 Denah Perencanaan Balok Induk 2	60
Gambar 4.3 Denah Perencanaan Balok Anak	61
Gambar 4.4 Denah Perencanaan Kolom	62
Gambar 4.5 Denah Perencanaan Sloof	63
Gambar 4.6 Denah Perencanaan Sloof	64
Gambar 4.7 Denah Perencanaan Pelat	65
Gambar 4.8 Prakiraan Cuaca Kota Palembang	78
Gambar 4.9 Koefisien Tekanan Internal	79
Gambar 4.10 Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010	83
Gambar 4.11 Denah Balok Induk yang Ditinjau Tipe BI1	141
Gambar 4.12 Diagram Gaya Torsi Balok Induk Melintang	142
Gambar 4.13 Diagram Gaya Momen Lentur Lapangan Balok Induk Melintang	142
Gambar 4.14 Diagram Gaya Momen Tumpuan Kanan Balok Induk Melintang	143
Gambar 4.15 Diagram Gaya Momen Tumpuan Kiri Balok Induk Melintang	143
Gambar 4.16 Diagram Gaya Geser Balok Induk Melintang	143
Gambar 4.17 Geser Desain untuk SRPMM	170
Gambar 4.18 Denah Balok Anak yang Ditinjau Tipe BA1	184
Gambar 4.19 Diagram Gaya Torsi Balok Anak	185
Gambar 4.20 Diagram Gaya Momen Lentur Lapangan Balok Anak	185
Gambar 4.21 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Anak	186

Gambar 4.22 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kiri Balok Anak	186
Gambar 4.23 Diagram Gaya Geser Balok Anak	186
Gambar 4.24 Geser Desain untuk SRPMM.....	210
Gambar 4.25 Denah Balok Kantilever yang Ditinjau Tipe BK.....	220
Gambar 4.26 Diagram Gaya Torsi Balok Kantilever	221
Gambar 4.27 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Kantilever.....	221
Gambar 4.28 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Kantilever.....	222
Gambar 4.29 Diagram Gaya Geser Balok Kantilever	222
Gambar 4.30 Geser Desain untuk SRPMM.....	241
Gambar 4.31 Denah Sloof yang Ditinjau Tipe S1.1	251
Gambar 4.32 Diagram Gaya Torsi Sloof 1 Melintang	252
Gambar 4.33 Diagram Momen Lentur Lapangan Sloof 1 Melintang	252
Gambar 4.34 Diagram Momen Lentur Tumpuan Kanan Sloof 1 Melintang	252
Gambar 4.35 Diagram Momen Lentur Tumpuan Kanan Sloof 1 Melintang	253
Gambar 4.36 Diagram Gaya Geser Sloof 1 Melintang	253
Gambar 4.37 Geser Desain untuk SRPMM.....	277
Gambar 4.38 Denah Kolom yang Ditinjau Tipe K1	287
Gambar 4.39 Tinggi Efektif Kolom	287
Gambar 4.40 Diagram Gaya Aksial ($1,2D + 1,6L + 0,5L_r$) Kolom K1	288
Gambar 4.41 Diagram Gaya Aksial ($1,2D+1EX+0,3EY+L$) Kolom K1	288
Gambar 4.42 Diagram M_{1s} Sumbu X	289
Gambar 4.43 Diagram M_{2s} Sumbu X	289
Gambar 4.44 Diagram M_{1ns} Sumbu X.....	289
Gambar 4.45 Diagram M_{2ns} Sumbu X.....	290
Gambar 4.46 Diagram M_{1s} Sumbu Y	290
Gambar 4.47 Diagram M_{2s} Sumbu Y	290
Gambar 4.48 Diagram M_{1ns} Sumbu Y	290

Gambar 4.49 Diagram M_{2ns} Sumbu Y	291
Gambar 4.50 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Rangka Bergoyang)	295
Gambar 4. 51 Tabel Diagram Interkasi 1	298
Gambar 4. 52 Tabel Diagram Interaksi 2	306
Gambar 4. 53 Grafik Akibat Momen Pada PcaColumn	313
Gambar 4. 54 Hasil Output Pada PcaColumn	313
Gambar 4. 55 Diagram Momen Nominal Kolom.....	315

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan	5
Tabel 2.2 Klasifikasi Situs.....	8
Tabel 2.3 Koefisien Situs (Fa).....	9
Tabel 2.4 Koefisien Situs (Fv)	10
Tabel 2.5 Kategori Resiko.....	11
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa pada Kategori Resiko IV ..	12
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	13
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik.....	13
Tabel 2.9 Koefisien untuk Batasan Atas pada Perioda yang Dihitung (Cu)	14
Tabel 2.10 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	15
Tabel 2.11 Persyaratan pelindung beton untuk tulangan (non- prategang)	17
Tabel 2.12 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir	22
Tabel 2.13 Tebal Minimum Pelat.....	27
Tabel 2.14 Tebal Minimum Pelat Satu Arah.....	28
Tabel 2.15 Tabel Minimum Pelat Dua Arah	29
Tabel 3.1 Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik...	44
Tabel 4.1 Faktor Arah Angin	79
Tabel 4.2 Koefisien eksposur tekanan velositas.....	80
Tabel 4.3 Koefisien Tekanan Eksternal.....	81
Tabel 4.4 Data tanah Kota Palembang	82
Tabel 4.5 Nilai SDS	84
Tabel 4.6 Nilai SD1.....	84
Tabel 4.7 Berat Seismik Efektif Bangunan	86
Tabel 4.8 Distribusi Vertikal Gaya Gempa	87
Tabel 4.9 Eksentrisitas Bangunan	88
Tabel 4.10 Gaya Gempa per Kolom Lantai 1.....	89
Tabel 4.11 Gaya Gempa per Kolom Lantai 2.....	90
Tabel 4.12 Gaya Gempa per Kolom Lantai 3.....	92

Tabel 4.13 Gaya Gempa per Kolom Lantai 4.....	93
Tabel 4.14 Gaya Gempa per Kolom Lantai 5.....	95
Tabel 4.15 Gaya Gempa per Kolom Lantai Atap	96
Tabel 4.16 Gaya Gempa Perkolom Perlantai Tambahan.....	98
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Volume Balok.....	323
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Volume Kolom	328
Tabel 4.19 Rasio Kolom.....	332
Tabel 4.20 Rasio Balok	332
Tabel 5.1 Penulangan Pelat Lantai 1 Arah	333
Tabel 5.2 Penulangan Pelat Lantai 2 Arah	334
Tabel 5.3 Penulangan Pelat Atap 1 Arah.....	334
Tabel 5.4 Penulangan Pelat Atap 2 Arah.....	334
Tabel 5.5 Penulangan Tangga 1	335
Tabel 5.6 Penulangan Tangga 2	335
Tabel 5.7 Penulangan Balok.....	336
Tabel 5.8 Penulangan Kolom	336
Tabel 5.9 Kebutuhan Lonjor Balok dan Kolom	337
Tabel 5.10 Rasio Kolom.....	337
Tabel 5.11 Kesimpulan Balok	338

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm ²)
A_g	=	Luas bruto penampang (mm ²)
A_{oh}	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm ²)
A_s	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm ²)
A_{sc}	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm ²)
A'_s	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm ²)
b	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
b_w	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C'_c	=	Gaya pada tulangan tekan
C'_s	=	Gaya tekan pada beton
d	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
d_b	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
D	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E_c	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
E	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang terkait
E_x	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X
E_y	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
I_b	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
f'_c	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
f_y	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
h	=	Tinggi total dari penampang
h_n	=	Bentang bersih kolom
k	=	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah
l_n	=	Bentang bersih balok
l_o	=	Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur
l_u	=	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
M_u	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
M_{nb}	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M_{nc}	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M_n	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M_{nl}	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
M_{nr}	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
M_{nt}	=	Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
M_1	=	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M_2	=	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
N	=	Nilai Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
N_u	=	Beban aksial terfaktor
P_{cp}	=	Keliling luar penampang beton (mm)

P_h	=	Keliling dari tulangan sengkang torsi
P_u	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
r	=	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
R	=	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
S	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
S_n	=	Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
s_o	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_o mm
T	=	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
T_n	=	Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_u	=	Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
V_c	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
V_n	=	Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dengan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_l
V_s	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang (N)

W_u	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah
α	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasise secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	=	Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	=	Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	=	Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
β_n	=	Faktor untuk memperhitungkan pengaruh angkur pengikat pada kuat tekan efektif zona nodal
ρ	=	Rasio tulangan tarik
ρ'	=	Rasio tulangan tekan
ρ_b	=	Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	=	Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	=	Rasio tulangan tarik minimum
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
Ψ	=	Faktor kekangan ujung – ujung kolom

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung merupakan sebuah proyek konstruksi yang merupakan suatu rangkaian kegiatan yang berkaitan untuk mencapai tujuan (bangunan/konstruksi) dalam bahasan waktu, biaya, dan mutu dari proyek tersebut. Dalam menentukan pola bangunan dibutuhkan struktur bangunan yang kuat dan mampu diterapkan sebaik mungkin karena hal ini menjamin kekokohan dan umur sebuah bangunan.

Perencanaan struktur bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat dan awet. Dalam perencanaan gedung bertingkat harus direncanakan dan didesain dengan baik agar bangunan tersebut dapat aman terhadap bahaya gempa. Agar mampu menahan beban gempa, suatu bangunan harus di desain menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726 – 2012.

Dalam tugas akhir ini, gedung yang akan direncanakan ulang perhitungan strukturnya adalah gedung Pascasarjana yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan. Gedung ini tersusun atas 1 *basement* dan 9 lantai atas dengan ketinggian 40 meter. Akan tetapi untuk keperluan Tugas Akhir Program DIII Teknik Sipil, direncanakan pengurangan *basement* dan pengurangan 4 lantai atas sehingga output akhir adalah 5 lantai tanpa *basement*. Perencanaan dari lantai 1 sampai dengan lantai 5 dan struktur atap menggunakan *deck* beton.

Dalam menentukan sistem struktur yang akan digunakan dalam perencanaan gedung ini, kami menganalisis KDS (Kategori Desain Seismik) terlebih dahulu untuk dapat menentukan apakah data tanah Kota Palembang yang kami pakai sesuai dengan syarat KDS (kategori C untuk SRPMM) atau tidak. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwasanya tanah di Kota Palembang termasuk tanah dengan kategori C dan perhitungan sistem strukturnya menggunakan SRPMM.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam judul Tugas Akhir Terapan “Perencanaan Struktur Gedung Pascasarjana 5 Lantai di Kota Palembang dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)”. Permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merencanakan penulangan struktur bangunan gedung Pascasarjana 5 Lantai di Kota Palembang dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ?
2. Bagaimana membuat gambar rencana dari hasil perhitungan struktur ke dalam gambar rencana struktur?
3. Bagaimana menghitung kebutuhan penulangan pada beton per 1m^3 pada balok dan kolom suatu portal melintang?

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang akan dibahas pada Tugas Akhir Terapan “Perencanaan Struktur Gedung Pascasarjana 5 Lantai di Kota Palembang dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)” adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan ini menggunakan data tanah daerah Palembang yang didapat dari Laboratorium Uji Tanah ITS Manyar.
2. Perhitungan gempa menggunakan metode analisis Statik Ekvivalen.
3. Perencanaan ini hanya membahas struktural atas (balok, kolom, plat) dari bangunan dan tidak membahas sampai ke analisa biaya, manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
4. Perencanaan struktur atap menggunakan dak plat beton.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir Terapan “Perencanaan Struktur Gedung Pascasarjana 5 Lantai di Kota Palembang dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)” adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara menentukan tulangan pada komponen struktur.
2. Untuk menuangkan hasil perhitungan struktur kedalam gambar rencana struktur.
3. Untuk mengetahui cara menghitung kebutuhan penulangan pada beton per 1m^3 pada balok dan kolom suatu portal melintang.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dari Tugas Akhir Terapan “Perencanaan Struktur Gedung Pascasarjana 5 Lantai di Kota Palembang dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)” adalah sebagai berikut :

1. Mahasiswa dapat mengetahui cara menentukan tulangan pada komponen struktur.
2. Mahasiswa dapat menuangkan hasil perhitungan struktur kedalam gambar rencana struktur.
3. Mahasiswa dapat mengetahui cara menghitung kebutuhan penulangan pada beton per 1m^3 pada balok dan kolom suatu portal melintang.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Agar perencanaan struktur gedung ini dapat memenuhi kriteria ketentuan dan kelayakan yang digunakan oleh bangunan gedung, maka bab ini dibuat dengan tujuan untuk menjelaskan secara garis besar mengenai teori-teori dari berbagai sumber literatur yang akan digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir.

2.1 Peraturan yang digunakan

Adapun peraturan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung pascasarjana 5 lantai di Kota Palembang adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Peraturan yang digunakan

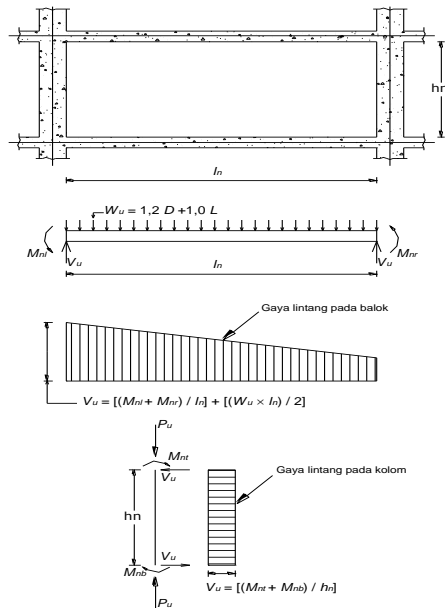
Referensi	Judul Referensi
SNI 03-1726-2012	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
SNI 2847-2013	Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
SNI 1727 – 2013	Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
SNI 03-2847-2013	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah merupakan sistem struktur gedung yang dirancang untuk memikul gaya-gaya yang terjadi akibat gempa untuk bangunan dengan KDS C. Dan harus memenuhi persyaratan dalam **SNI 03-1726-2012 Tentang Ketahanan Gempa** dan **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3 tentang SRPMM**

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI-03-2847-2013 pasal 21.3:

1. Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f_c' / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f_c' / 10)$, maka pasal 23.10(5) harus dipenuhi.
2. Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa sesuai dengan pasal 21.3.5.2 SNI 2847-2013



Gambar 2. 1 Gaya lintang rencana untuk SRPMM
(SNI-Gambar 47)

2.3 Pembebanan

Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan.

1. Beban Mati (*dead load*)

Adapun beban mati struktur bangunan sebagai berikut :

a. Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari :

- Berat sendiri pelat
- Beban pasangan keramik
- Beban spesi
- Beban plafond dan rangka

b. Beban mati pada balok, terdiri dari :

- Berat sendiri balok
- Beban mati pada pelat
- Beban dinding setengah bata

c. Beban mati pada atap, terdiri dari :

- Berat sendiri pelat
- Beban plafond dan rangka

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Berdasarkan **SNI 1727-2013** untuk beban hidup

3. Beban Hujan

Menurut SNI 1727:2013 pasal 8.3, beban hujan adalah beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

4. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Dalam perencanaan beban gempa pada gedung Pascasarjana di Kota Palembang ini dihitung dengan menggunakan metode statik ekuivalen. Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan **SNI 1726-12012**. Berikut ini adalah urutan cara menghitung beban gempa

menggunakan statik ekuivalen :

- a. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (N_{spt}) sesuai **SNI 1726-2012**.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{\bar{N}_i}}$$

- b. Dari nilai \bar{N} SPT dapat ditentukan kelas situs tanah dengan tabel 3 pasal 5.3 berikut ini sesuai dengan **SNI 1726-2012**.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas $PI > 20$, 2. Kadar air , $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25 \text{ Kpa}$		
SF (tanah khusus, yang membutu	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : -Rawan dan berpotensi gagal atau		

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
hkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah -Lempung sangat organic dan / atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) -Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

- c. Setelah mengetahui kelas situs tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan peta hazzard gempa Indonesia 2010
- d. Menentukan koefisien situs periode 0,2 detik (F_a) dan koefisien situs periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 pasal 6.2 sesuai **SNI 1726-2012**

Tabel 2. 3 Koefisien Situs (F_a)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Catatan : Untuk nilai S_s dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 2. 4 Koefisien Situs (Fv)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCEr terpetakan periode 1 detik, S1				
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

- e. Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) sesuai dengan **SNI 1726-2012**

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- f. Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) sesuai **SNI 1726-2012**

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- g. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik sesuai **SNI 1726-2012**

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- h. Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik sesuai **SNI 1726-2012**

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- i. Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (*I*) struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012 bisa dilihat pada tabel 2.2.4 dan 2.2.5 dibawah ini :

Tabel 2. 5 Kategori Resiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki 	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

Tabel 2. 6 Faktor Keutamaan Gempa pada Kategori Risiko IV

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (<i>I_e</i>)
IV	1,5

- j. Kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726:2012 pada tabel 2.2.6 dan tabel 2.2.7 dibawah ini

Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

- k. Kemudian untuk menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai **SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1**

$$T_a = C_t \times h n^x$$

Dimana : h_n : Tinggi bangunan (m)

C_t : 0,0466

x : 0,9

- l. Hitung koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u)

Tabel 2. 9 Koefisien untuk Batasan Atas pada Perioda yang Dihitung (C_u)

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, SDI	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

- m. Cek nilai (T_c) periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur
- n. Perioda fundamental struktur yang digunakan

Jika $T_c > C_u \cdot T_a \quad \rightarrow T = C_u \cdot T_a$
 Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a \quad \rightarrow T = T_c$
 Jika $T_c < T_a \quad \rightarrow T = T_a$
- o. Menentukan nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai SNI 1726:2012 diuraikan pada tabel 2.2.9 dibawah ini :

Tabel 2. 10 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons (R^a)	Faktor kuat lebih sistem (Ω_0)	Faktor perbesaran defleksi (C_d^b)	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
(C6). Rangka beton pemikul momen menengah	5	3	4½	T B	T B	TI	TI	TI

Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 9

- p. Menghitung koefisien respons seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}}$$

- q. Menentukan T_0 dan T_s

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

- r. Membuat respons spektrum gempa sesuai SNI 1726:2012 pasal 6.4.1.

- * Untuk perioda lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- * Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain SNI 1726:2012 pasal 6.4.2:

$$S_a = S_{DS}$$

- * Untuk perioda lebih besar dari T_s ,
spektrum respons percepatan desain:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

- s. Menghitung gaya geser dasar seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W$$

- t. Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k}$$

2.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 yaitu :

1. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor sebagai berikut :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
4. 1,2 D + 1,0 W + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2 D + 1 E + L
6. 0,9 D + 1 E
7. 0,9 D + 1 W

2. Kuat Rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangannya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan

dan asumsi **dari SNI 2847-2013**, dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

2.5 Perencanaan Elemen Struktur

2.5.1 Perencanaan Balok

1) Persyaratan Pelindung Beton untuk Tulangan (Non-Prategang)

Tabel 2. 11 Persyaratan pelindung beton untuk tulangan (non-prategang)

	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 hingga D-56 Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, dinding, pelat berusuk :</u> Batang D-44 dan D-56 Batang D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok, kolom :</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral <u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u> Batang D-19 dan yang lebih besar Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	40 20 40 20 15

2) Persyaratan untuk Batasan Spasi Tulangan

Jarak bersih antar tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm. Lihat juga ketentuan pasal 5.3(2) :

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi :

- a. $1/5$ jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan
- b. $1/3$ ketebalan pelat lantai
- c. $3/4$ jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.
- d. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan jarak spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
- e. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5d_b$ ataupun 40 mm.

3) Prosedur Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang disepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom dikedua ujung komponen struktur tersebut.

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak

lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm
- Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

4) **Prosedur Perhitungan Penulangan Geser dan Torsi Balok**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1, kuat geser rencana balok (ϕV_n) yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b) di bawah ini :

- a. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1.a bahwa jumlah geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan lentur nominal (M_n) balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1.b bahwa geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan pengaruh gempa (E), dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

- Tentukan V_u dari persyaratan (SNI-03-2847-2013 psl. 21.3.3) :

$$q_u = 1,2D + 1,0L$$

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

T_u diambil dari perhitungan struktur

- Kontrol perlu tidaknya tulangan torsi

$$\text{Batas } T_u = \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Apabila $T_u \leq \text{batas } T_u$ yang diijinkan, maka torsi diabaikan

- Kuat geser beton yang hanya dibebani oleh geser dan lentur

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \times b_w \times d$$

(SNI-03-2847-2013 psl. 21.3.5.2)

Untuk daerah sepanjang d dari tumpuan

$$V_c = \frac{1}{2} \times V_c \text{ (diatas)}$$

Tulangan geser perlu :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = V_u - \phi V_c$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times \phi \times d}$$

$$V_u \leq \phi \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \times b_w \times d + \phi \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

- Torsi balok

Perencanaan torsi didasarkan dari SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor T_u memenuhi syarat sebagai berikut: **Tu kurang dari**

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (beton normal) SNI 2847 2013 pasal 8.6.1

$\Phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847 2013 pasal 9

- Untuk memikul geser oleh lentur dan puntir, dimensi penampang harus direncanakan:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1.7 A c h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b_w d} + 0.66 \sqrt{f'c}\right)$$

- Dalam mendesain tulangan torsi, harus memenuhi:

$$\phi T_n \geq T_u$$

Sedangkan T_n dihitung dengan persamaan:

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dengan A_o boleh diambil sama dengan $0,85 ; \theta$ boleh diambil sama dengan 45 derajat untuk komponen struktur non prategang atau komponen struktur prategang dengan gaya prategang efektif kurang dari 40% kekuatan tarik longitudinal
Luas tulangan longitudinal tambahan untuk menahan torsi. A_t tidak boleh kurang dari:

$$A_t = \frac{A_t}{s} Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cot^2 \theta$$

1) Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

- Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik
 - Panjang penyaluran λ_d dinyatakan dalam diameter d_b untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, harus ditentukan berdasarkan pasal 21.5.3, tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
 - Untuk batang ulir atau kawat ulir, λ_d / d_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 2. 12 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang λ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan Atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25\sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5\sqrt{f_c'}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{18 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25\sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{10\sqrt{f_c'}}$

Dimana :

- α = faktor lokasi penulangan
- β = faktor pelapis
- λ = faktor beton agregat ringan
- d_b = diameter tulangan

- Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan
 - Panjang penyaluran λ_d dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar λ_{db} pada pasal 14.3(2) dengan faktor modifikasi yang berlaku sesuai dengan pasal 14.3(3), tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 200 mm.
 - Panjang penyaluran dasar λ_{db} , harus diambil sebesar $d_b f_y / (4\sqrt{f_c'})$, tetapi tidak kurang dari $0,04 d_b f_y$

2.5.2 Perencanaan Kolom

1) Persyaratan Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI -2847-2013 Pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:

- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial
- Menerima beban aksial berfaktor lebih besar dari $A_g f_c' / 10$

2) Persyaratan Tulangan Kolom

- Kontrol rasio tulangan kolom
Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$
- Pengaruh kelangsingan pada komponen struktur tekan boleh diabaikan pada rangka tak bergoyang apabila memenuhi :

$$\frac{K \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\frac{K \times l_u}{r}$$

- Apabila $r \geq 100$, maka diperlukan perhitungan momen orde – dua
- Pembesaran Momen

$$M_c = \delta_{ns} \times M_2$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(K \times L_u)^2}$$

- Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \times b_w \times d$$

(SNI-03-2847-2013 psl.21.6.5.)

- Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya geser

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

(SNI-03-2847-2013 psl.21.6.5.)

- Kontrol kekuatan geser

$$\phi V_n \geq V_u, \quad V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 21.7.4)

- Panjang Penyaluran Tulangan Berkait dalam Kondisi

$$\frac{f_y \times d_b}{5.4 \sqrt{f'_c}}$$

$$\text{Tarik lhb} =$$

Panjang penyaluran termodifikasi :

$$l_{dh} = \gamma_{hb} \times 0,7 \times \frac{A_{s\text{ perlu}}}{A_{s\text{ pasang}}} \geq 8d_b \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 21.7.5)

3) Persyaratan Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2, kuat geser rencana kolom (ϕV_n) yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b) di bawah ini :

- a. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2.a bahwa geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.
- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2.b bahwa geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan oleh Ω_o . Dimana Ω_o merupakan faktor amplifikasi untuk memperhitungkan kekuatan lebih sistem penahan gaya seismik yang ditetapkan sesuai dengan tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal.

4) Persyaratan Spasi Senggang Ikat Kolom

1. Spasi maksimum senggang ikat yang dipasang pada rentang λ_o dari muka hubungan balok-kolom adalah s_o . Spasi s_o tersebut tidak boleh melebihi :

- Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- 24 kali diameter senggang ikat
- setengah diameter penampang terkecil komponen struktur
- 300 mm

Panjang λ_o tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- seperenam tinggi bersih kolom
 - diameter terbesar penampang kolom
 - 500 mm
2. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 0,5so dari muka hubungan balok-kolom.

2.5.3 Perencanaan Pelat

Ketebalan pelat ditentukan sehubungan dengan persyaratan lendutan. Dalam SNI-03-2847-2013 terdapat ketentuan-ketentuan di mana komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lentur/deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. Syarat ketebalan pelat menurut SNI-03-2847-2013 terdapat dua tinjauan, yaitu tinjauan untuk ketebalan pelat konstruksi satu arah dan tinjauan untuk ketebalan pelat konstruksi dua arah.

Tabel 2. 13 Tebal Minimum Pelat

Tebal minimum, h				
Komponen Struktur	Dua tumpuan Sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung Menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p>CATATAN Panjang bentang dalam mm Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^2$) dan tulangan BJTD-40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :</p> <p>a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3, nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - (0,0003) w_c]$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3</p> <p>b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$</p>				

- Konstruksi Satu Arah (Non-Prategang)

Pelat terlentur satu arah digunakan bila rasio bentang

terpanjang terhadap bentang terpendek lebih dari $2 \left(\frac{L_y}{L_x} \right)$

>2), sedangkan permukaan pelat yang melendut mempunyai kelengkungan tunggal.

- a. Tebal minimum yang ditentukan dalam tabel 9.5(a) (pasal 9.5.2) berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi

atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tabel 2. 14 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/18
Catatan: Panjang bentang dalam mm, nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut : a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , diantara 1440 sampai 1840 kg/m ³ . Nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65-0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.				

- Konstruksi Dua Arah (Non-Prategang)

Pelat terlentur dua arah digunakan bila rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek

kurang dari 2 ($\frac{L_y}{L_x} < 2$), sedangkan permukaan pelat

yang melendut mempunyai kelengkungan ganda.

Tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan pasal 9.5.3.3 dimana tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, harus memenuhi tabel 10 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :
 - Pelat tanpa penebalan 125 mm
 - Pelat dengan penebalan 100 mm

Tabel 2. 15 Tabel Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan leleh f_y^a MPa	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Tegangan leleh f_y^a MPa	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
a. Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300 MPa dan 400 MPa atau diantara 400 MPa dan 500 MPa, gunakan interpolasi linier b. Penebalan panel didefinisikan dalam pasal 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)) c. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

2. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

3. Untuk α_m lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 - 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

l_n = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

f_y = Tegangan leleh

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

α_m = Nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

$$\alpha = \frac{(E_c \times I)_{\text{balok}}}{E_{cs} \times I_s}$$

dimana :

E_c = modulus elastisitas beton

E_{cs} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok

I_s = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto pelat

Apabila $E_c = E_{cs}$; maka $\alpha = \frac{I}{I_s}$

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,6 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 16 atau persamaan 17 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

- Permodelan dan Analisa Struktur pada Pelat

Pada permodelan pelat, pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya. Hal ini disebabkan oleh tepi-tepi pelat (baik yang menerus maupun yang tidak menerus) mengalami perputaran sudut.

Pertimbangan lain dari permodelan ini adalah apabila pelat dianggap terjepit penuh pada keempat

sisinya, maka dianggap momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuan sehingga nilai momen lapangan akan selalu lebih kecil. Padahal tepi pelat dapat berputar. Lain halnya bila pelat dimodelkan terjepit elastis pada keempat sisinya, maka besarnya momen pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya (khusus untuk pelat yang ditumpu pada keempat sisinya) sehingga permodelan struktur lebih aman.

2.5.4 Perencanaan Tangga

- Perencanaan Dimensi Anak Tangga

1. Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.
Merencanakan dimensi tanjakan dan injakan dengan :

$$60 \text{ cm} < (2t + i) < 65 \text{ cm}$$

Keterangan :

t = tinggi tanjakan $< 25 \text{ cm}$

i = lebar injakan, dengan $25 \text{ cm} < i < 40 \text{ cm}$

2. Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

3. Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

4. Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{t}$$

5. Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

6. Tebal efektif pelat anak tangga

Dengan perbandingan luas segitiga :

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2} i \cdot t = \frac{1}{2} \sqrt{i^2 + t^2} \cdot d$$

Maka Tebal Efektif Pelat Tangga = Tebal Pelat Tangga Rencana + $\frac{1}{2} d$

- Penulangan Struktur Tangga
Penulangan pada pelat tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan sesuai dengan prinsip perencanaan pelat lantai.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metologi merupakan alur yang digunakan dalam perencanaan suatu konstruksi. Metodologi yang dimaksudkan adalah metodologi prencanaan konstruksi yang diperlukan dalam perencanaan Gedung Pascasarjana di Kota Palembang.

3.1 Data Perencanaan

1. Data Bangunan

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung Pascasarjana di Kota Palembang
Lokasi Proyek	: Palembang.
Tinggi Bangunan	: 24 meter
Struktur Bangunan Atap	: Struktur Beton
Struktur Bangunan Atas	: Balok, Kolom, Plat, dan Tangga menggunakan beton bertulang.

2. Data Tanah

Data tanah didapatkan dari penyelidikan tanah yang dilakukan oleh laboratorium Uji Tanah Terkait. Data tanah berupa data SPT.

3. Data Gambar

Data gambar meliputi gambar denah, gambar tampak, gambar potongan, dan gambar detail yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi komponen struktur yang berasal dari proyek.

- Data Bahan

Mutu bahan yang digunakan pada perencanaan adalah:

Mutu Beton (f_c')	: 30 Mpa
Mutu Tulangan Lentur (f_y)	: 400 Mpa
Mutu Tulangan Geser (f_{ys})	: 240 Mpa untuk polos 400 Mpa untuk ulir

3.2 Pengumpulan Data

1. Gambar struktur bangunan.
2. Data tanah pada daerah dengan desain gempa seismik C.
3. Peraturan dan buku penunjang lainnya sebagai dasar teori maupun pendukung untuk tugas akhir ini.

3.3 Penentuan Sistem Struktur

- a. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (N_{SPT}) sesuai SNI 1726:2012

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\bar{N}_i}}$$

- b. Dari nilai NSPT dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel 2.2.1 sesuai SNI 1726:2012
- c. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2012 (gempa 50 tahun)
- d. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 2.2.2 dan tabel 2.2.3 sesuai dengan SNI 1726:2012.
- e. Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726:2012

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- f. Menentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- g. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- h. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726:2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- i. Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012 bisa dilihat pada tabel 2.2.4 dan 2.2.5.
- j. Kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726:2012 pada tabel 2.2.6 dan tabel 2.2.7

3.4 Preliminary Desain

Penentuan dimensi elemen struktur dikerjakan dengan mengacu pada SNI 2847-2013 maupun ketentuan lain sesuai literatur yang dipakai. Elemen struktur yang perlu direncanakan adalah :

- a. Penentuan Dimensi Balok Sloof

Untuk menentukan tinggi balok sloof, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel 11, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok sloof yang telah didapat.

- b. Penentuan Dimensi Balok

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan SNI 2847-2013, Tabel 11, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok yang telah didapat.

- c. Penentuan Dimensi Kolom

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} I_{kolom} &: \text{inersia kolom} \left(\frac{1}{12} \times b \times h^3 \right) \\ L_{kolom} &: \text{tinggi bersih kolom} \\ I_{balok} &: \text{inersia balok} \left(\frac{1}{12} \times b \times h^3 \right) \end{aligned}$$

L_{balok} : panjang bersih balok

b_k dan $d_k \geq 250 \text{ mm}$

$$\frac{h_k}{b_k \text{ atau } d_k} \leq 25$$

3.5 Pembebanan Struktur

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan.

Analisa pembebanan adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan pada konstruksi atap
 - a. Beban Mati
Terdiri dari berat sendiri plat atap, plafon dan penggantung, perpipaan serta instalasi listrik.
 - b. Beban Hidup
Beban pelaksana, beban air hujan, dan beban angin.
2. Pembebanan pada plat lantai
 - a. Beban Mati
Terdiri dari berat sendiri plat, spesi, keramik, plafon dan penggantung, perpipaan serta instalasi listrik.
 - b. Beban Hidup
Beban hidup ditentukan dalam SNI Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (1727:2013).
3. Pembebanan pada tangga dan bordes
 - a. Beban Mati
Terdiri dari berat sendiri plat tangga/bordes, anak tangga, spesi, *railling hand*, dan keramik.
 - b. Beban Hidup
Beban hidup ditentukan dalam SNI Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (1727:2013).

4. Beban Gempa

Analisa beban gempa menggunakan perhitungan statik ekuivalen sesuai SNI Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung. (1726:2012)

5. Beban Angin

Beban angin ditentukan dalam SNI Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (1727:2013)

3.6 Analisa Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan SAP 2000. Kombinasi yang dipakai untuk pembebanan pada SAP 2000 adalah sebagai berikut:

1. Ketahanan struktur terhadap beban hidup dan mati:
 - a. $1,4 D$
 - b. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
2. Ketahanan struktur terhadap beban angin dan dikombinasikan dengan beban hidup dan mati:
 - c. $1,2 D + 1,0 L + 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
 - d. $0,9 D \pm 1,6 W$
3. Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati:
 - e. $1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
 - f. $0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan:

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

R : Beban Air Hujan

A : Beban Atap

3.7 Perhitungan Penulangan dan Kontrol Persyaratan Struktur

a. Balok

- **Perhitungan tulangan lentur**

Momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP2000.

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$d = b_w - \text{decking} - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. utama}}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,5 \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_y}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Hitung tulangan:

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka memakai ρ

$\rho_{\min} > \rho$, maka memakai ρ_{\min}

$A_s = \rho \cdot b \cdot d$, atau $A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$

$A_s' = 0,5 A_s$

$$n = \frac{A_s}{A_{s_{pakai}}}$$

Cek kondisi :

Bila $\rho > \rho_{\max}$, maka perbesar dimensi penampang

Bila $\rho < \rho_{\min}$, maka dimensi terlalu besar

- **Perhitungan tulangan geser**

- Penentuan V_n , V_c , V_s , dan V_u

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E).

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Sedangkan untuk gaya geser minimum yang harus dimiliki tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

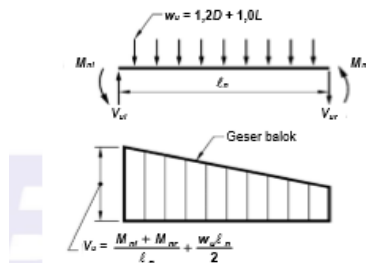
$$V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

Luas tulangan geser minimum yang harus terpasang :

$$A_{v_{\min}} = \frac{b_w \times S}{3 \times f_y}$$

Untuk mendapatkan V_u sesuai dengan perencanaan SRPMM, maka rumus yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Gaya Lintang pada Balok Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

Berikut adalah beberapa kondisi perhitungan tulangan geser :

1. Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Maka, tidak perlu tulangan geser.

2. Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$A_{v_{\min}} = \frac{b_w \times S}{3 \times f_y}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} 600 \text{ mm}$$

3. Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$A_{v_{\min}} = \frac{b_w \times S}{3 \times f_y}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} 600 \text{ mm}$$

4. Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) < V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f'_c} \times b_w \times d\right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\phi \times V_{s_{\text{perlu}}} = V_u - \phi \times V_c$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

5. Kondisi 5

$$\phi\left(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f'_c} \times b_w \times d\right) < V \leq \phi\left(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{f'_c} \times b_w \times d\right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\phi \times V_{s_{\text{perlu}}} = V_u - \phi \times V_c$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

• **Perhitungan tulangan torsi**

Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari:

- a. Untuk komponen struktur non-prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

- b. Untuk komponen struktur prategang

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0,33 \lambda \sqrt{f_c'}}$$

- c. Untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 A_g \lambda \sqrt{f_c'}}$$

❖ Cek persyaratan

- a. Kontrol momen

$$M_n > \frac{M_u}{\phi}$$

- b. Kontrol penulangan geser

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

❖ Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- 1) Panjang Penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tarik

- a. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Panjang Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

	Batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambungkan tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

(SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2)

b. Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_d harus sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekanan $(C_d + K_{cr})/d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan disain meskipun terdapat tulangan transversal.

- c. Faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk peyaluran batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik :
 - a) Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\psi_t = 1,0$.
 - b) Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvalis), $\psi_e = 1,0$.
 - c) Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir D-19 atau lebih kecil, $\psi_s = 0,8$. Untuk batang tulangan D-22 dan yang lebih besar, $\psi_s = 1,0$.
 - d) Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct}

ditetapkan. Bila beton berat normal digunakan, $\lambda = 1,0$.

- 2) Panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi tekan
 - Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_{dc} harus ditetapkan sesuai dengan ketentuan pada poin selanjutnya, tetapi l_{dc} tidak boleh kurang dari 200 mm.
 - Untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir, l_{dc} harus diambil sebesar yang terbesar dari:

$$\left(\frac{0,24f_y}{\lambda\sqrt{f_c'}} \right) d_b \text{ dan } (0,043f_y)d_b$$
 , dengan konstanta 0,043 mempunyai satuan mm^2/N .
 - Panjang l_{dc} di atas diizinkan untuk dikalikan dengan faktor sesuai untuk :
 - a) Tulangan yang melebihi dari yang diperlukan oleh analisis ($A_s \text{ perlu} / A_s \text{ terpasang}$)
 - b) Tulangan dilingkupi tulangan spiral tidak kurang dari diameter 6 mm dan tidak lebih dari spasi 100 mm atau dalam pengikat berdiameter 13 dan berspasi pusat-ke-pusat tidak lebih dari 100 mm.

b. Kolom

• Perhitungan tulangan lentur kolom

- a. Bedakan antara kolom dengan pengaku (braced frame) atau kolom tanpa pengaku (unbraced frame)
- Untuk komponen struktur tekan yang di bracing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibressing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 22$$

- b. Hitung faktor kekakuan (EI) kolom

Nilai EI bisa diambil dari :

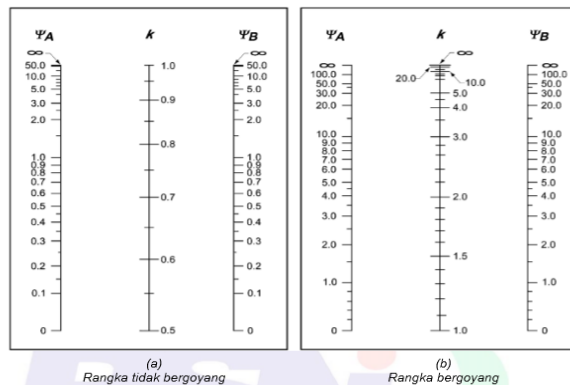
$$EI = \frac{0,2 \cdot E_c \cdot I_g + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

- c. Hitung faktor kekangan ujung-ujung kolom ψ_A dan ψ_B .

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{kolom-kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{balok-balok}}}$$

- d. Hitung faktor panjang efektif (k)

Lihat tabel nomigram pada SNI 2847-2013 Pasal 12.11.6



Gambar 3. 2 Faktor Panjang Efektif (k)

- e. Hitung P_c (Beban kritis) kolom-kolom yang bersangkutan

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot L_u)^2}$$

f. Hitung faktor pembesaran momen (δ_s dan δ_{ns})

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1$$

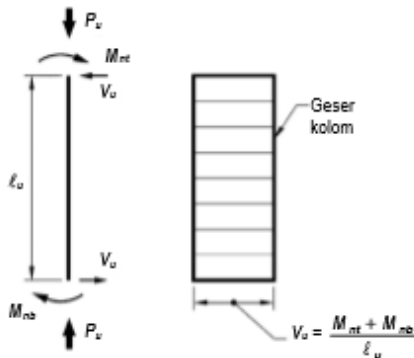
Hitung :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

• Perhitungan tulangan geser kolom

Untuk mendapatkan nilai V_u pada kolom sesuai dengan perencanaan SRPMM dapat diperoleh dari rumus berikut :



Gambar 3. 3 Gaya Lintang pada Kolom Akibat Beban Gravitasi Terfaktor

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (V_c) harus dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

Besaran N_u/A_g harus dinyatakan dalam MPa.

Kondisi perhitungan tulangan geser pada kolom sama dengan kondisi perhitungan pada balok.

❖ Cek persyaratan

- a. Kontrol momen

$$M_n > \frac{M_u}{\phi}$$

- b. Kontrol kemampuan kolom

Kontrol kemampuan kolom dilakukan dengan menggunakan program PCACOL.

$$M_{ux} < M_{nx}$$

$$M_{uy} < M_{ny}$$

- ❖ Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

- a. Tulangan kondisi tarik

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \lambda_d$$

- b. Tulangan kondisi tekan

$$\lambda_d = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y$$

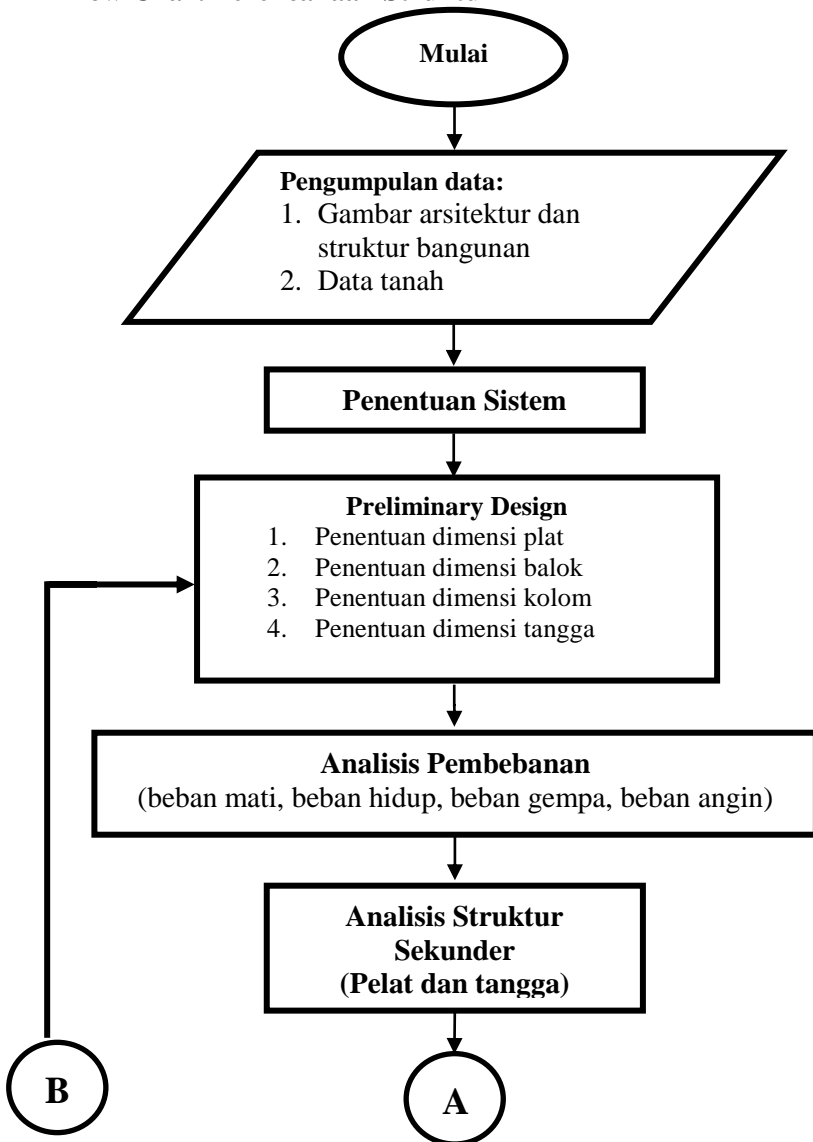
$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \lambda_d$$

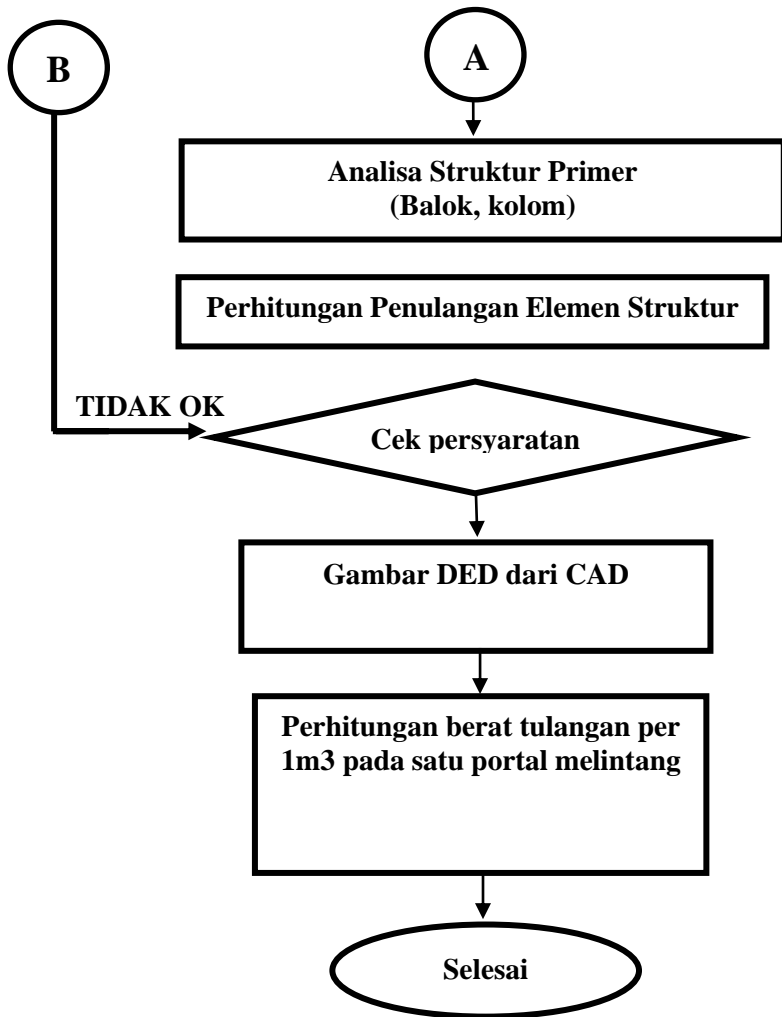
- c. Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

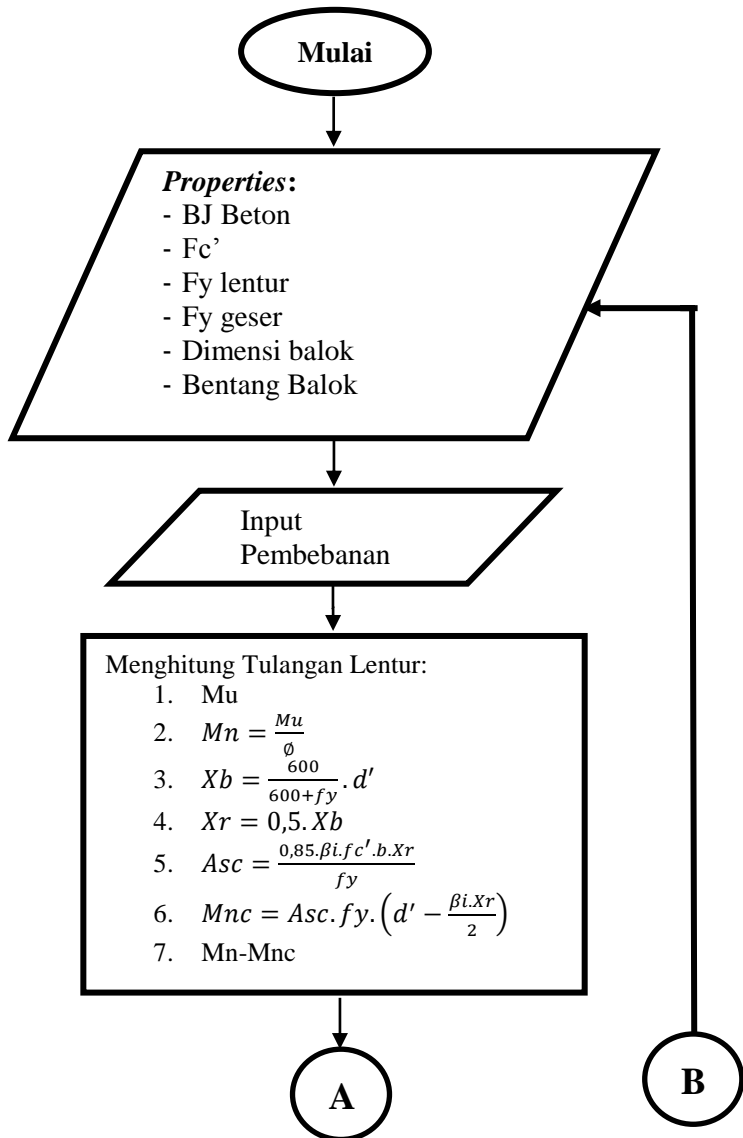
3.8 Flowchart

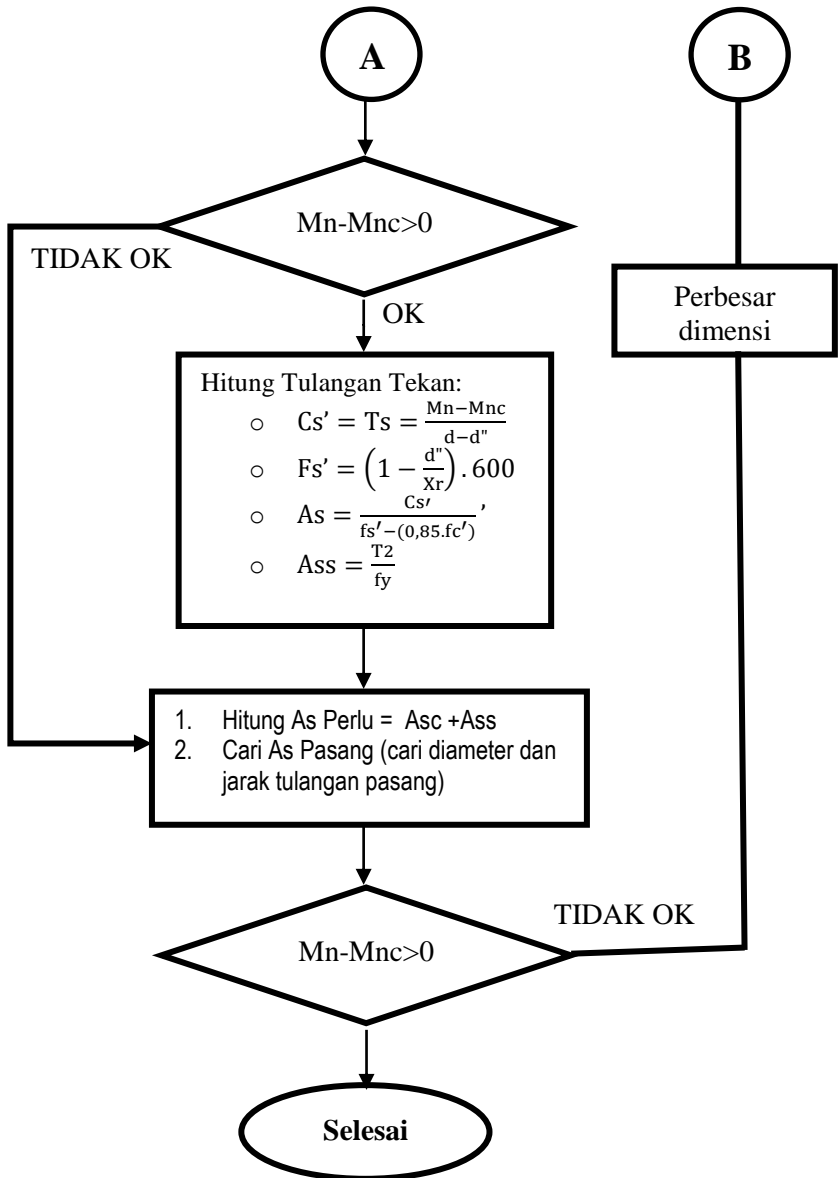
Flow Chart Perencanaan Struktur



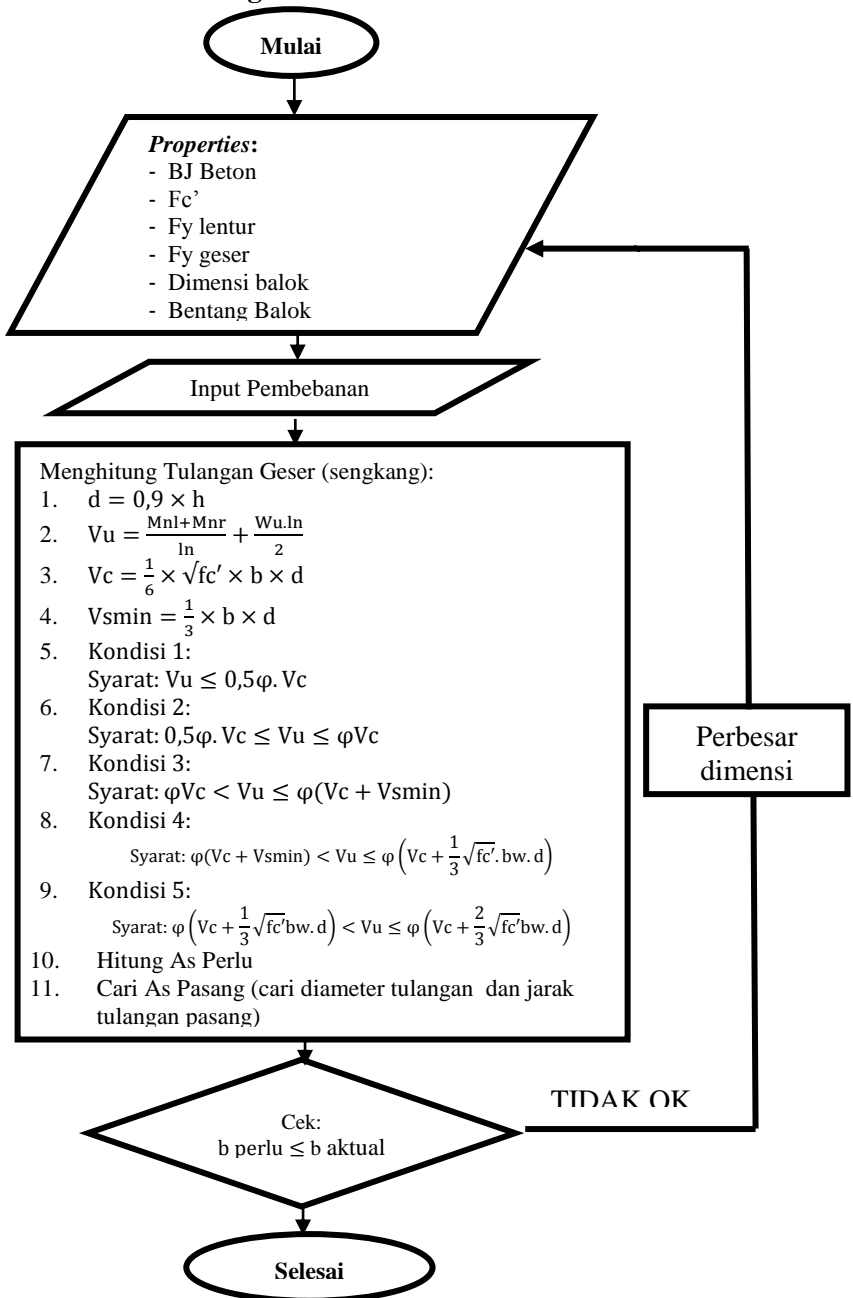


Flow Chart Penulangan Balok

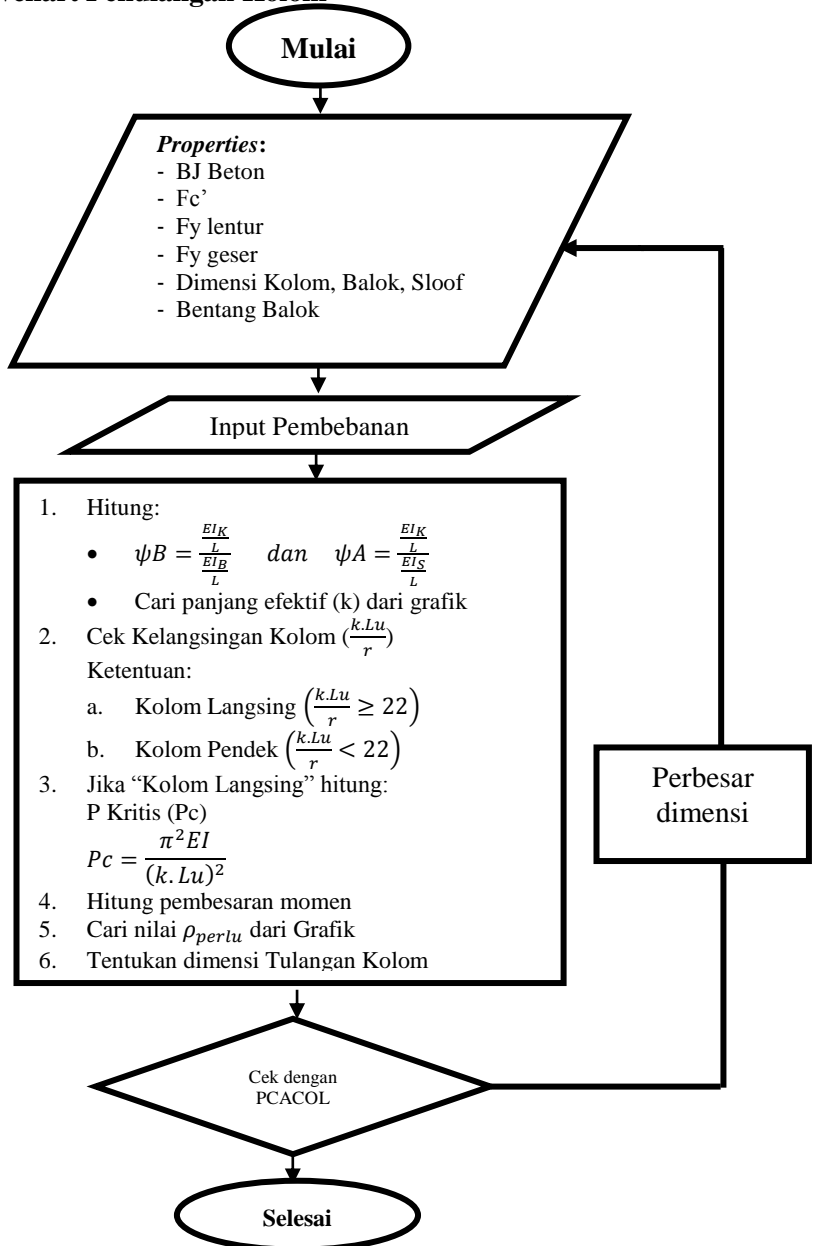




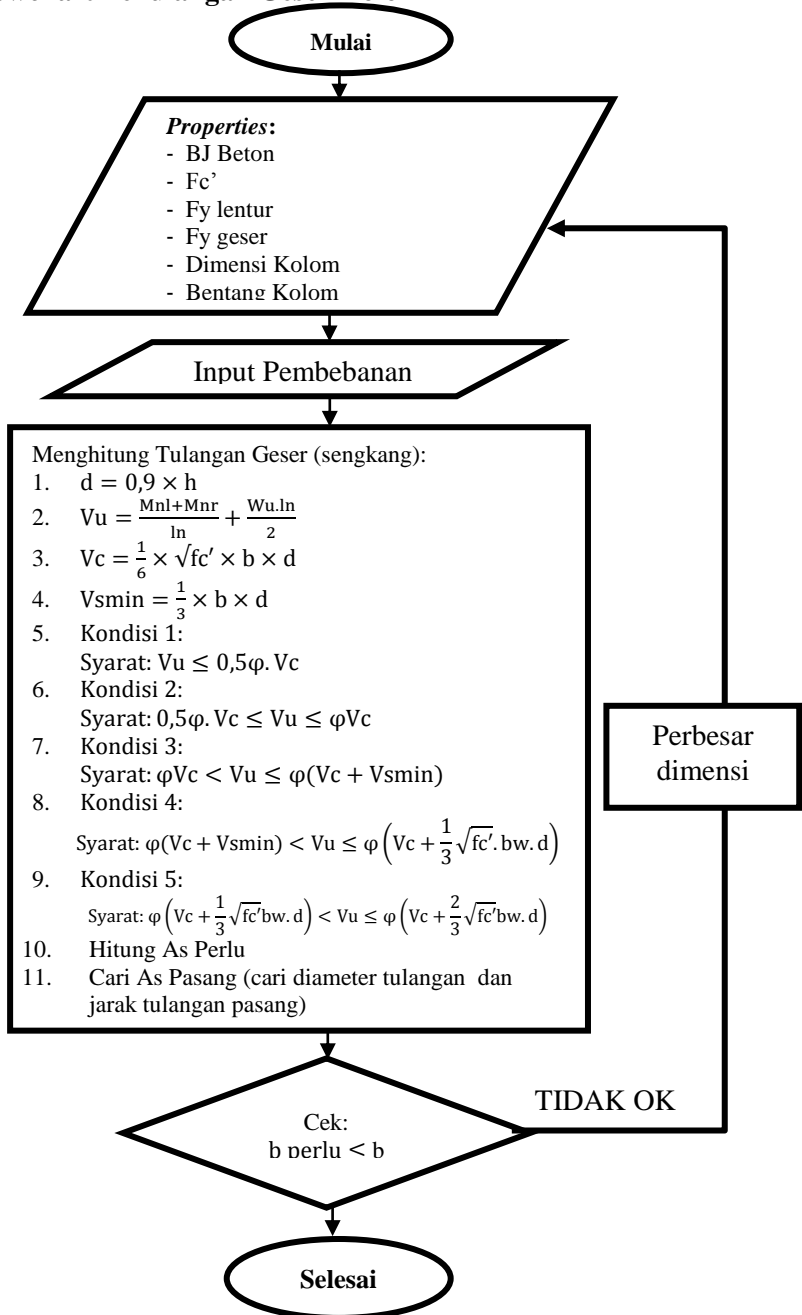
Flow Chart Penulangan Geser Balok



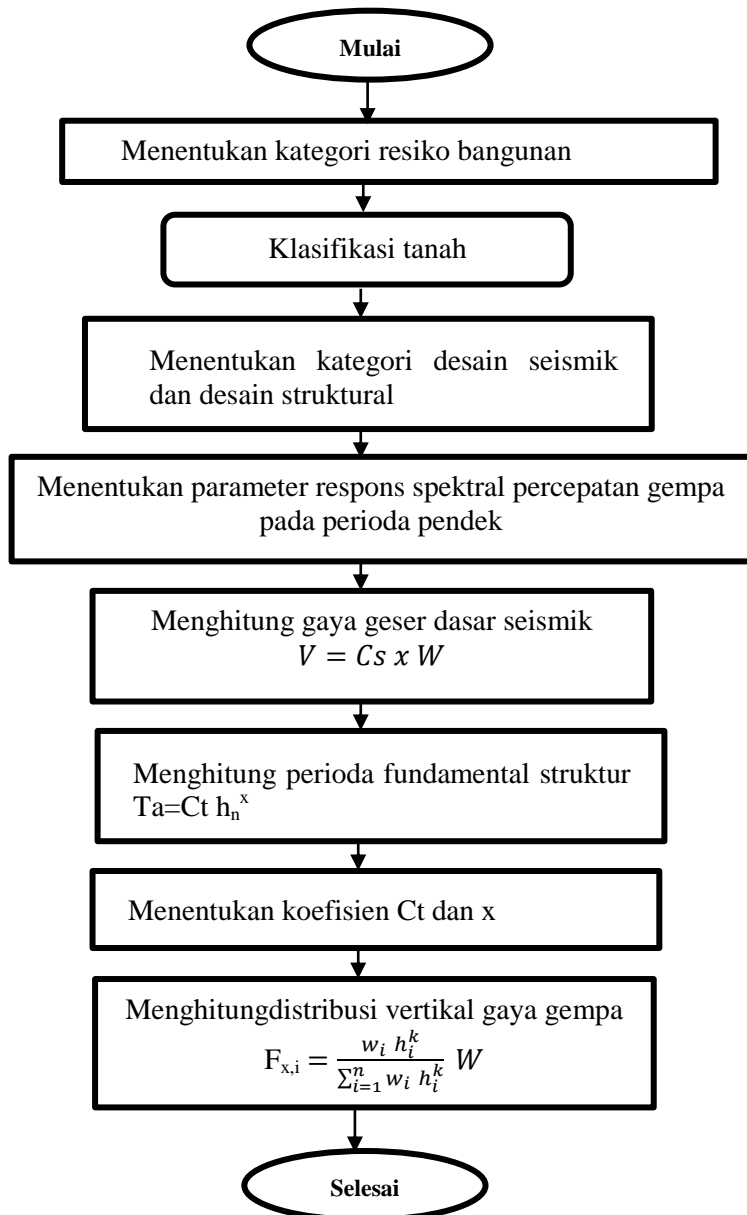
Flowchart Penulangan Kolom



Flowchart Penulangan Geser Kolom



Flowchart Penentuan Gempa Rencana



3.9 Gambar Rencana

Gambar perencanaan meliputi:

1. Gambar arsitektur terdiri dari:
 - Gambar denah
 - Gambar Tampak (tampak depan dan tampak samping)
2. Gambar struktur terdiri dari
 - Gambar Potongan (potongan memanjang dan melintang)
 - Gambar denah plat
 - Gambar denah tangga dan bordes
 - Gambar denah balok
 - Gambar denah kolom
 - Gambar denah sloof
3. Gambar penulangan
 - Gambar penulangan plat
 - Gambar penulangan tangga dan bordes
 - Gambar penulangan balok
 - Gambar penulangan kolom
 - Gambar penulangan sloof
4. Gambar detail
 - a. Gambar detail panjang penyaluran meliputi
 - Panjang penyaluran tangga
 - Panjang penyaluran balok
 - Panjang penyaluran kolom
 - Panjang penyaluran sloof
 - Gambar detail penjangkaran tulangan
5. Gambar Portal
 - Gambar Portal memanjang
 - Gambar Portal melintang

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung Pascasarja 5 Lantai di Kota Palembang, langkah awal yang perlu diketahui yaitu menentukan dimensi – dimensi struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

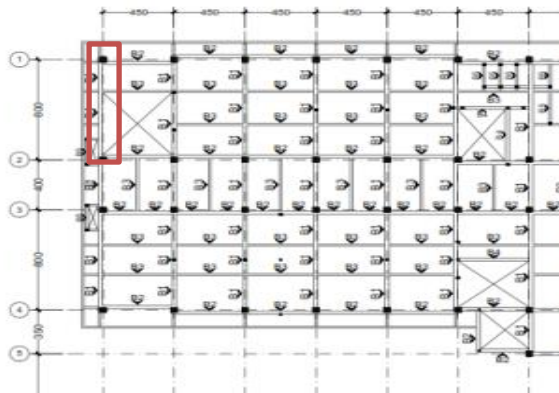
Dalam perhitungan dimensi balok, peninjauan dilakukan pada satu tipe balok yang mempunyai bentang terpanjang. Adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi balok adalah sebagai berikut:

A. Balok Induk

1. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B1
- Bentang balok (L_{balok}) : 800 cm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 400 Mpa

Denah perencanaan balok induk :



Gambar 4. 1 Denah Perencanaan Balok Induk 1

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{12} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{800}{12} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times 65$$

$$h \geq 64,76 \quad b \geq 32,5$$

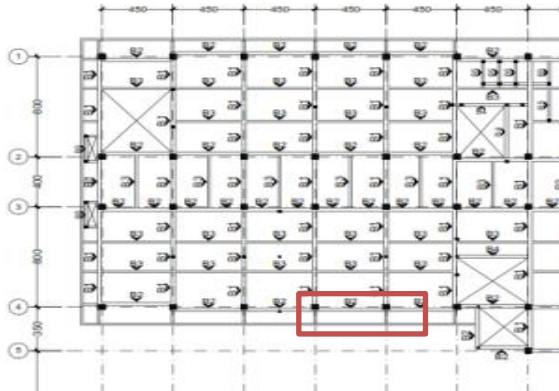
$$h = 65 \text{ cm} \quad b = 35 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi balok induk dan melintang dengan ukuran 35/65 cm.

2. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B2
- Bentang balok (L_{balok}) : 500 cm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 400 Mpa

Denah perencanaan balok induk :



Gambar 4. 2 Denah Perencanaan Balok Induk 2

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{12} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{500}{12} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times 50$$

$$h \geq 40,48$$

$$b \geq 25$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

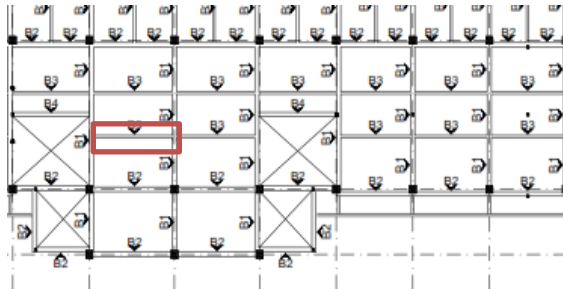
- Maka direncanakan dimensi balok induk dan memanjang dengan ukuran 30/50 cm.

B. Balok Anak

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : B1
- Bentang balok anak (L_{balok}) : 450 cm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Denah perencanaan balok anak :



Gambar 4. 3 Denah Perencanaan Balok Anak

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b \geq \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{500}{21} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$b \geq \frac{2}{3} \times 35$$

$$h \geq 23,13$$

$$b \geq 23,33$$

$$h \geq 25 \text{ cm}$$

$$b = 35 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi balok anak memanjang dan melintang dengan ukuran 25/35 cm.

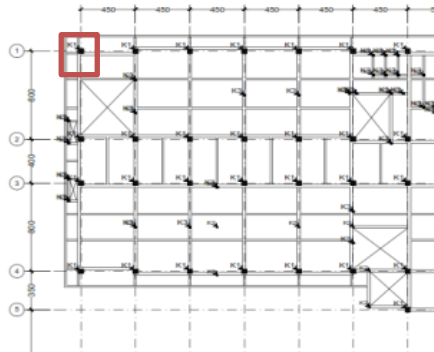
4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom (h_{kolom}) : 400 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 800 cm
- Lebar balok (b_{balok}) : 35 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) : 65 cm

Denah perencanaan kolom :



Gambar 4. 4 Denah Perencanaan Kolom

Perhitungan Perencanaan :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 65^3}{800}$$

$$h \approx 46,82 \text{ cm}$$

$$h = b = 50 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 50/50 cm.

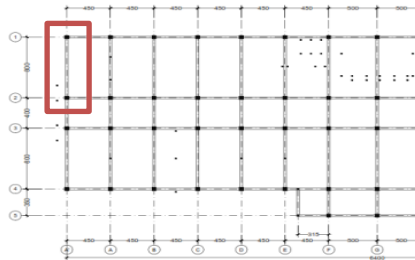
4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof

Adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi sloof adalah sebagai berikut :

1. Data-data perencanaan :

- Tipe sloof : SL1
- Bentang balok (L_{sloof}) : 800 cm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Denah perencanaan sloof :



Gambar 4. 5 Denah Perencanaan Sloof

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{12} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{800}{12} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times 65$$

$$h \geq 64,76 \quad b \geq 32,5$$

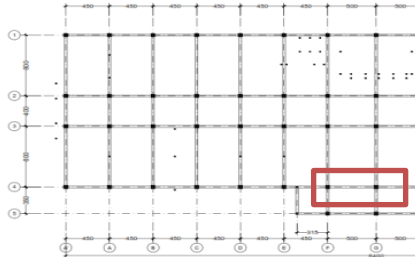
$$h = 65 \text{ cm} \quad b = 35 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi sloof melintang dengan ukuran 35/65 cm.

2. Data-data perencanaan :

- Tipe sloof : SL2
- Bentang balok (L_{sloof}) : 500 cm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Denah perencanaan sloof :



Gambar 4. 6 Denah Perencanaan Sloof

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{L}{12} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{500}{12} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b \geq \frac{1}{2} \times 50$$

$$h \geq 40,48 \quad b \geq 25$$

$$h = 50 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi sloof memanjang dengan ukuran 30/50 cm.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

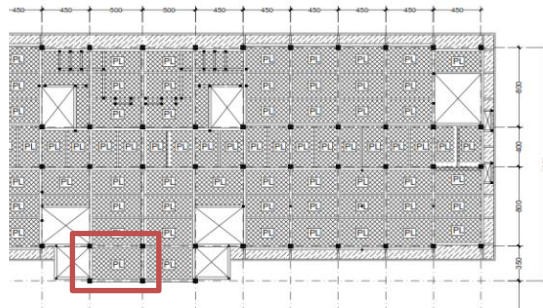
Dalam perhitungan dimensi pelat, peninjauan dilakukan pada satu tipe pelat yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang terbesar. Namun tipe pelat lain

yang disesuaikan dengan rasio bentangnya dapat disajikan dalam bentuk tabel. Adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi pelat adalah sebagai berikut :

Data-data perencanaan :

- Tipe pelat : S1
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 500 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 350 cm
- Dimensi balok As F (4-5) : 35/65
- Dimensi balok As 4 (F-G) : 30/50
- Dimensi balok As G (4-5) : 35/65
- Dimensi balok As 5 (F-G) : 30/50
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 240 Mpa

Denah perencanaan pelat :



Gambar 4. 7 Denah Perencanaan Pelat

Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned}
 L_n &= L_y - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2} \\
 &= 500 - \frac{35}{2} - \frac{35}{2} \\
 &= 465 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

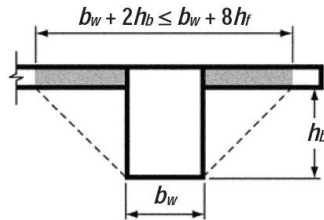
- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$\begin{aligned} S_n &= L_x - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2} \\ &= 350 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} \\ &= 320 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek :

$$\beta_n = \frac{L_n}{S_n} = \frac{465}{320} = 1,453$$

1. Lihat Balok As F (4-5)



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2h_b \\ &= 35 + 2(65-12) \\ &= 141 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + 8h_f \\ &= 35 + 8(12) \\ &= 131 \text{ cm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.4)

Dipilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 131 cm

- Faktor Modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1,69$$

- Momen Inersia Penampang

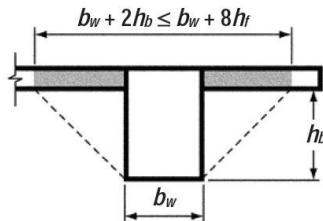
$$\begin{aligned} I_b &= k \times \frac{b_w \times h^3}{12} \\ &= 1,69 \times \frac{35 \times 65^3}{12} \\ &= 1.389.180,3 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{b_p \times h_f^3}{12} \\ &= \frac{0,5 (500) \times 12^3}{12} \\ &= 36.000 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio kekuatan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1.389.180,3}{36000} = 38,58$$

2. Lihat Balok As 4 (F-G)



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2h_b \\ &= 30 + 2(50-12) \\ &= 106 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + 8h_f \\ &= 30 + 8(12) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.4)

Dipilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 106 cm

- Faktor Modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{96}{50} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$k = 1,69$$

- Momen Inersia Penampang

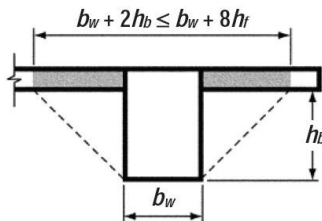
$$\begin{aligned} I_b &= k \times \frac{b_w \times h^3}{12} \\ &= 1,64 \times \frac{30 \times 50^3}{12} \\ &= 528.190,3 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{b_p \times h_f^3}{12} \\ &= \frac{0,5 (350 + 237) \times 12^3}{12} \\ &= 42.264 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio kekuatan balok terhadap pelat :

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{528.190,3}{42.264} = 12,5$$

3. Lihat Balok As G (4-5)



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2h_b \\ &= 35 + 2(65 - 12) \\ &= 141 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$= 35 + 8(12)$$

$$= 131 \text{ cm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.4)

Dipilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 131 cm

- Faktor Modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1,69$$

- Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \times \frac{b_w \times h^3}{12}$$

$$= 1,69 \times \frac{35 \times 65^3}{12}$$

$$= 1.389.180,3 \text{ cm}^4$$

$$I_p = \frac{b_p \times h_f^3}{12}$$

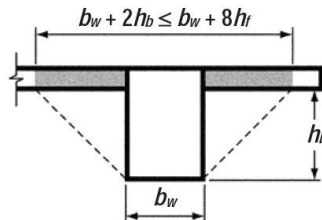
$$= \frac{0,5 (500+500) \times 12^3}{12}$$

$$= 72.000 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekuatan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1.389.180,3}{72.000} = 19,3$$

4. Lihat Balok As 5 (F-G)



$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned}
 b_{e1} &= b_w + 2h_b \\
 &= 30 + 2(50-12) \\
 &= 106 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{e2} &= b_w + 8h_f \\
 &= 30 + 8(12) \\
 &= 126 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.4)

Dipilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2} yaitu 106 cm

- Faktor Modifikasi

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)} \\
 k &= \frac{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)}
 \end{aligned}$$

$$k = 1,69$$

- Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned}
 I_b &= k \times \frac{b_w \times h^3}{12} \\
 &= 1,64 \times \frac{30 \times 50^3}{12} \\
 &= 528.190,3 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{b_p \times h_f^3}{12} \\
 &= \frac{0,5 (350 + 237) \times 12^3}{12} \\
 &= 42.264 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Rasio kekuatan balok terhadap pelat :

$$A_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{528.190,3}{42264} = 12,5$$

- ❖ Dari keempat balok diatas didapatkan rasio kekuatan balok rata-rata :

$$\begin{aligned}
 \alpha_m &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\
 &= \frac{38,58 + 12,5 + 19,29 + 12,5}{4}
 \end{aligned}$$

$$= 20,72$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c), untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta_n}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm, sehingga :

$$h = \frac{475 \left(0,8 + \frac{240}{1400} \right)}{36 + 9(1,453)} > 90 \text{ mm}$$

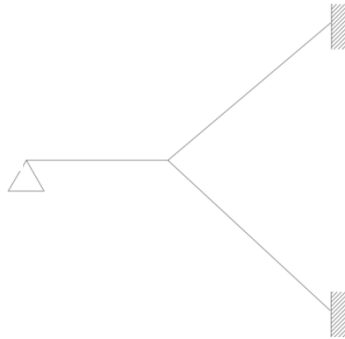
$$= 9,2 \text{ mm}$$

❖ Maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm

4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Permodelan struktur tangga ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data-data yang diinput adalah sebagai berikut :

1. Perletakan : Jepit-Sendi-Jepit
2. Pembebanan : Dead Load (DL) dan Live Load (LL)
3. Kombinasi : 1,2 DD + 1,6 LL
4. Distribusi : (Uniform Shell Load) untuk semua beban DL dan LL sesuai dengan pembebanan tangga.



Dalam perencanaan tangga ini terdapat 4 macam tipe tangga yaitu 2 macam tangga samping dan 2 macam tangga tengah. Pada tipe tangga samping dan tangga tengah hampir sama, namun letak perbedaannya adalah lebar tangga. Adapun data perhitungan dimensi tangga adalah sebagai berikut :

Data-data perencanaan :

- Tipe tangga : T1
- Tinggi tangga : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang datar tangga : 550 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Tebal selimut beton : 30 mm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tinggi injakan (t) : 17 cm
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Perhitungan Perencanaan :

➤ Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{tinggi bordes}^2 + \text{panjang tangga}^2}$$

$$= \sqrt{200^2 + 550^2}$$

$$= 585,2 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}}$$

$$= \frac{400}{17}$$

$$= 25 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

$$= 25 - 1$$

$$= 24 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan :

$$\alpha = \arctan \frac{\text{tanjakan (t)}}{\text{injakan (i)}}$$

$$= \arctan \frac{17}{30}$$

$$= 29,5^\circ$$

- Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 29,5 \leq 40^\circ \longrightarrow (\text{Memenuhi})$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$\text{Luas 1} = \frac{1}{2} \times i \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 17 \times 30 = 255 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas 2} = \frac{1}{2} \times \sqrt{i^2 + t^2}$$

$$= 17 \times d$$

Persamaan :

$$L\Delta 1 = L\Delta 2$$

$$255 \text{ cm}^2 = 17 \times d$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} \times d = 7,5 \text{ cm}$$

- Maka tebal efektif pelat tangga adalah $7,5 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$.

4.2 Perhitungan Pembebanan Struktur

4.2.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan yang terdapat pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan peraturan beban yaitu SNI 1727:2013. Karena struktur pelat merupakan salah satu komponen sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (D) dan beban hidup (L) dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, yaitu $1,2D + 1,6L$.

- Pembebanan Pelat Lantai
 - Beban Mati :

Beban Mati		
Berat pelat (12cm) = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	=	288 kg/m^2
Berat keramik (t=1cm) (brosur)	=	17.19 kg/m^2
Berat spesi (t=2cm) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2$ (PPUG1983)	=	42 kg/m^2
Plafond kalsiboard 4.5 (1,2x2,4)m 18 kg (BROSUR)	=	6.39 kg/m^2
Plumbing (PPIUG 1983)	=	25 kg/m^2
Mekanikal Elektrikal (ASCE 7)	=	19 kg/m^2
Total		398 kg/m^2

- Beban Hidup :

Beban hidup pelat lantai sesuai dengan SNI 287-2013 :

- Beban hidup lantai 1:

Tidak ada beban hidup yang dibebankan pada lantai 1 dikarenakan beban hidup langsung dibebankan pada tanah.

➤ Beban hidup lantai 2 hingga 5 :

Beban Hidup			
Kelas dan ruang dosen	=	192	kg/m ²
Lobby	=	479	kg/m ²
Koridor	=	42	kg/m ²
Hotspot area	=	287	kg/m ²
Kantin/ruang makan	=	479	kg/m ²

• Pembebanan Pelat Atap

- Beban Mati :

Beban Mati			
Berat pelat (12cm) = 0,12 m x 2400 kg/m ³	=	288	kg/m ²
Berat aspal	=	10.5	kg/m ²
Plafond kalsiboard 4.5 (1,2x2,4)m 18 kg (BROSUR)	=	6.39	kg/m ²
Plumbing (PPIUG 1983)	=	25	kg/m ²
Mekanikal Elektrikal (ASCE 7)	=	19	kg/m ²
Total		349	kg/m²

- Beban Hidup :

Beban hidup pelat atap sesuai dengan SNI 287-2013:

Beban hidup pelat atap :

Pelat atap = 96 kg/m²

Beban hujan pada lantai atap :

$R = 0,0098 (d_s + d_h)$

= 0,0098 (20 + 5)

= 0,245 kN/m² = 24,5 kg/m²

4.2.2 Pembebanan Tangga

- Pembebanan Pelat Tangga

- Beban Mati

Beban Mati			
Berat pelat (15cm) = 0,15 m x 2400 kg/m ³	=	360	kg/m ²
Berat anak tangga (t=19,09) x 2400 kg/m ³	=	458.16	kg/m ²
Berat keramik (t=1cm) (brosur)	=	17.19	kg/m ²
Berat spesi (t=2cm) = 2 x 21 kg/m ² (PPUG1983)	=	42	kg/m ²
Pegangan (PPIUG 1983)	=	10	kg/m ²
Total		887.35	kg/m²

- Beban Hidup

Beban hidup tangga = 479 kg/m²
(SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

- Pembebanan Pelat Bordes

- Beban Mati

Beban Mati			
Berat pelat (15cm) = 0,15 m x 2400 kg/m ³	=	360	kg/m ²
Berat keramik (t=1cm) (brosur)	=	17.19	kg/m ²
Berat spesi (t=2cm) = 2 x 21 kg/m ² (PPUG1983)	=	42	kg/m ²
Pegangan (PPIUG 1983)	=	10	kg/m ²
Total		429.19	kg/m²

- Beban Hidup

Beban hidup bordes = 479 kg/m²
(SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

4.2.3 Pembebanan Dinding

Komponen Dinding :

Beban Mati			
Citicon (t=10cm) = 0,1 m x 600 kg/m ³ (brosur)	=	60	kg/m ²
Berat acian NP S450 (brosur)	=	6	kg/m ²
Total		66	kg/m²

Perhitungan :

- Beban merata lantai 1 = $H1 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 66 \text{ kg/m}^2$
 $= 264 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 2 = $H2 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 66 \text{ kg/m}^2$
 $= 264 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 3 = $H3 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 66 \text{ kg/m}^2$
 $= 264 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 4 = $H4 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 66 \text{ kg/m}^2$
 $= 264 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 5 = $H5 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 66 \text{ kg/m}^2$
 $= 264 \text{ kg/m}$

4.2.4 Pembebanan Angin

Dalam perhitungan pembebanan angin menggunakan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Adapun perhitungan pembebanan angina adalah sebagai berikut :

1. Data Perencanaan :

- Fungsi bangunan : Bangunan Sekolah
- Tinggi bangunan : 24 m
- Tinggi perlantai : $H1-H6 = 4\text{m}$

2. Kategori Bangunan Gedung :

Sesuai SNI 1727:2013 pasal 26.2 Termasuk bangunan gedung tertutup karena bangunan gedung tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka dan bangunan gedung tertutup sebagian.

3. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin untuk bangunan gedung tertutup dengan prosedur pengarah (SNI 1727:2013 tabel 27.2-1)

- a) Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain. Pada SNI 1727: 2013 dalam Tabel 1.5-1 yang mana bangunan gedung termasuk kategori resiko IV

$I_w = 1,00$ (Tabel 1.5-2 SNI 1727:2013)

- b) Kecepatan angin dasar, didapat dari tabel di situs BMKG.

$$V = 25 \text{ km/jam} = 6,94 \text{ m/s}$$

Ibukota Kabupaten	Cuaca	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kec. Angin (km/jam)	Arah Angin
Baturaja	Berawan	24 - 32	56 - 96	25	Tenggara
Kayu Agung	Hujan Ringan	24 - 33	55 - 96	25	Tenggara
Muara Enim	Berawan	24 - 33	56 - 96	25	Tenggara
Lahat	Berawan	23 - 32	58 - 97	25	Tenggara
Musirawas	Hujan Ringan	24 - 33	57 - 97	25	Tenggara
Sekayu	Berawan	24 - 33	56 - 96	25	Tenggara
Pangkalan Balai	Berawan	24 - 33	55 - 96	25	Tenggara
Martapura	Berawan	24 - 33	56 - 97	25	Tenggara
Muaradua	Berawan	23 - 32	57 - 97	25	Tenggara

Gambar 4. 8 Prakiraan Cuaca Kota Palembang

- c) Menentukan faktor arah angin

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.6-1

$$K_d = 0,85$$

Tabel 4. 1 Faktor Arah Angin

Tabel 26.6-1 - Faktor Arah Angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame	
pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

d) Kategori Eksposur

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.7 Maka termasuk dalam eksposur B

e) Faktor Topografi

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2

$$K_{zt} = 1$$

f) Faktor efek tiupan angin

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil $G = 0,85$

g) Koefisien tekanan internal

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Gambar 4. 9 Koefisien Tekanan Internal

Maka, $GC_{pi} = + 0,18$

- 0,18

h) Koefisien eksposur tekanan velositas

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1

Tabel 4. 2 Koefisien eksposur tekanan velositas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Tinggi bangunan (z) = 24 m

Interpolasi nilai z :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{24 - 18}{21,3 - 18} = \frac{y - 0,85}{0,89 - 0,85}$$

$$y = 0,874$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B $\rightarrow \alpha = 7$

$$Z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha$$

$$= 2,01 \left(\frac{24}{365,76} \right)^7$$

$$= 0,876$$

Maka, $K_z = K_h = 0,876$ (karena atap datar)

i) Menentukan tekanan velositas

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

$$\begin{aligned} q_z &= 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0,613 \times 0,876 \times 1 \times 0,85 \times 6,94^2 \\ &= 21,98 \text{ N/m}^2 = 2,198 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_h &= 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0,613 \times 0,876 \times 1 \times 0,85 \times 6,94^2 \end{aligned}$$

$$= 21,98 \text{ N/m}^2 = 2,198 \text{ kg/m}^2$$

j) Menentukan koefisien tekanan eksternal

Tabel 4. 3 Koefisien Tekanan Eksternal

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	$0 - 1$	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

- Dinding disisi angin datang q_z

$$C_p = 0,8$$

- Dinding disisi angin pergi q_h

$$\frac{L}{B} = \frac{64}{23.5} = 2,72$$

$$C_p = -0,3$$

- Dinding tepi q_h

$$C_p = -0,7$$

k) Tekanan Angin

$$p = qGC_p - q_i (GC_{pi})$$

Permukaan	C_p	Digunakan dengan	p
Dinding disisi angin datang	0,8	$q_z = 2,198 \text{ kg/m}^2$	1,49 kg/m^2
Dinding disisi angin pergi	-0,3	$q_h = 2,198 \text{ kg/m}^2$	-0,56 kg/m^2
Dinding tepi	-0,7	$q_h = 2,198 \text{ kg/m}^2$	-1,31 kg/m^2

4.2.5 Pembebanan Gempa

Prosedur perhitungan beban gempa dengan metode statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726:2012. Adapun perhitungan pembebanan gempa adalah sebagai berikut :

a. Klasifikasi Situs

Tabel 4. 4 Data tanah Kota Palembang

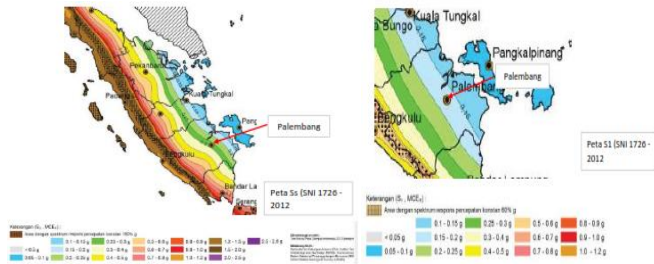
Lapisan ke (i)	di	Ni	di/Ni
1	2,5	12	0,208
2	2,5	15	0,167
3	2,5	25	0,100
4	2,5	20	0,125
5	2,5	30	0,083
6	2,5	31	0,081
7	2,5	51	0,049
8	2,5	36	0,069
9	2,5	54	0,046
10	2,5	60	0,042
11	2,5	60	0,042
12	2,5	60	0,042
Σ	30		1,054

$$\bar{N} = \frac{\Sigma d}{\Sigma \frac{d}{n}} = 28,47$$

Berdasarkan klasifikasi situs SNI 1726:2012, tanah pada lokasi proyek termasuk ke dalam situs SD (Tanah Sedang).

b. Parameter percepatan gempa (S_s, S_1)

Nilai S_s dan S_1 didapat berdasarkan peta hazard gempa Indonesia tahun 2010 dengan lokasi di Kota Palembang.



Gambar 4. 10 Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010

Paramter	Nilai
S_s	0,25
S_1	0,16

c. Koefisien situs (F_a, F_v)

Nilai F_a dan F_v berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 4 dan Tabel 5

Koefisien F_a

S_s	F_a
0,25	1,6

Untuk $S_s = 0,25$ didapatkan $F_a = 1,6$

Koefisien F_v

S_1	F_v
0,1	2,4
0,2	2,0

Dengan interpolasi, untuk $S_1 = 0,15$ didapatkan $F_v = 2,2$

d. Parameter respons spektral

$$\begin{aligned}
 S_{ms} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,6 \times 0,25 \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{m1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 2,2 \times 0,15 \\
 &= 0,33
 \end{aligned}$$

e. Parameter percepatan spectral desain

$$\begin{aligned}
 S_{Ds} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0,4 \\
 &= 0,27 \\
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0,33 \\
 &= 0,22
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Nilai SDS

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4. 6 Nilai SD1

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

f. Faktor keutamaan bangunan (I_e)

Kategori risiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012

Tabel 4.7 Faktor keutamaan bangunan

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)
IV	1,5

g. Menentukan perioda fundamental pendekatan

Menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai **SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1**

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h n^x \\
 &= 0,0466 \times 24^{0,9} \\
 &= 0,691
 \end{aligned}$$

h. Koefisien respon seismik

Sesuai **SNI 1726:2012 tabel 9** menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah, nilai $R = 5$ dan $C_u = 1,5$

$$T_{SAP} = 0,91$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 T_a &< T_{SAP} < C_u.T_a \\
 0,691 &< 0,85 < 1,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \\
 &= \frac{0,27}{\frac{5}{1,5}} \\
 &= 0,081
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s_{min}} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e && \geq 0,01 \\
 &= 0,044 \times 0,27 \times 1,5 \\
 &= 0,0178 && \geq 0,01 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s_{max}} &= \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} \\
 &= \frac{0,22}{0,85 \times \frac{5}{1,5}}
 \end{aligned}$$

$$= 0,077$$

$$C_{s_{\min}} < C_s < C_{s_{\max}}$$

$$0,0178 < 0,081 < 0,077$$

Maka, digunakan $C_s = 0,077$

i. Berat seismik efektif total struktur

Berdasarkan perhitungan berat struktur yang dilampirkan, didapatkan :

Tabel 4. 8 Berat Seismik Efektif Bangunan

Daerah	Beban Mati	Beban Hidup	Beban Tangga	Σ
W0	42330.87	0	0	42,331
W1	466573.39	0.00	17673.56	484,247
W2	999091.32	355870.85	39089.06	1,394,051
W3	999091.32	279710.36	39089.06	1,317,891
W4	999091.32	279710.36	39981.86	1,318,784
W5	847891.32	287608.20	16806.60	1,152,306
W6	926808.88	34873.37	270.25	961,953
W7	244035.12	4338.00	0.00	248,373
Total Berat Gedung (W Total)				6,919,935

$$\text{Total Berat Gedung (W total SAP)} = 7.609.580,6$$

j. Gaya geser dasar sismik (V)

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,077 \times 6.919.935$$

$$= 532.835$$

k. Distribusi vertikal gaya gempa

Nilai k

T	K
0,5	1
0,691	x
2,5	2

Dengan interpolasi linear didapatkan nilai k = 1,10

Dimana,

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum W_x \cdot h_x^k}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

Tabel 4. 9 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Lantai	W _x	h _x	w _x .h _x ^k	C _{vx}	V	F _x
	(kg)	(m)	(kg.m)		(kg)	(kg)
F0	42,331	0	-	-	532,835	-
F1	484,247	1.5	756,427.44	0.01		3,633.94
F2	1,394,051	5.5	7,667,281.79	0.07		36,834.21
F3	1,317,891	9.5	15,681,058.42	0.14		75,333.01
F4	1,318,784	13.5	23,096,207.03	0.21		110,955.96
F5	1,152,306	17.5	26,847,863.02	0.24		128,979.20
F6	961,953	21.5	28,108,387.66	0.25		135,034.86
F7	248,373	25.5	8,755,859.65	0.08		42,063.82
	6,919,935	94.5	110,913,085.01	1.00		532,835.00

Cek gaya geser

$$V = F_0 + F_1 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$$

$$532.835 = 532.835$$

l. Menentukan titik berat bangunan

Titik berat bangunan setiap lantai ditentukan dari posisi atau jarak horizontal maupun vertikal titik berat setiap komponen kolom, balok, sloof pelat, serta dinding yang ditinjau dari titik (0,0) yang telah ditentukan.

Total $W.x$ dan $W.y$ setiap lantai :

$$X_a = W.x / W$$

$$Y_a = W.y / W$$

m. Menentukan pusat kekakuan

Pusat kekakuan bangunan adalah hasil kali letak kolom atau jarak x,y ditinjau dari titik $(0,0)$ dan luas kolom.

n. Menentukan eksentrisitas

Eksentrisitas = Pusat massa – pusat kekakuan

Tabel 4. 10 Eksentrisitas Bangunan

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		Eksentrisitas	
	x	y	x	y	x	y
Lantai 0	32.00	9.69	32	9.69	0	0
Lantai 1	31.70	10.10	32	9.69	0.30	0.41
Lantai 2	31.16	11.01	32	9.69	0.84	1.32
Lantai 3	31.95	10.64	32	9.69	0.05	0.95
Lantai 4	31.95	10.64	32	9.69	0.05	0.95
Lantai 5	31.95	10.64	32	9.69	0.05	0.95
Lantai Atap	31.95	10.64	32	9.69	0.05	0.95
Lantai Tambahan	38.66	16.01	39.25	16.00	0.59	0.006

o. Gaya gempa perlantai

$$Wh^k = W_i \times h_i^k$$

$$F_i = \frac{Wh^k}{\sum Wh^k}$$

$$M_x = f_i \times e_x$$

$$M_y = f_i \times e_y$$

Tabel 4. 11 Gaya Gempa per Kolom Lantai 1

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m ²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	0	20	3633.94	1083.069	1495.828	56.764	55.6941
2	A'2	0.5	0.5	0.25	0	12				56.764	57.7874
3	A'3	0.5	0.5	0.25	0	8				56.764	57.7874
4	A'4	0.5	0.5	0.25	0	0				56.764	57.7874
5	A1	0.5	0.5	0.25	4.5	20				56.7962	57.7874
6	A2	0.5	0.5	0.25	4.5	12				56.7962	57.7874
7	A3	0.5	0.5	0.25	4.5	8				56.7962	57.7874
8	A4	0.5	0.5	0.25	4.5	0				56.7962	57.7874
9	B1	0.5	0.5	0.25	9	20				56.8285	57.7874
10	B2	0.5	0.5	0.25	9	12				56.8285	57.7874
11	B3	0.5	0.5	0.25	9	8				56.8285	57.7874
12	B4	0.5	0.5	0.25	9	0				56.8285	57.7874
13	C1	0.5	0.5	0.25	13.5	20				56.8607	57.7874
14	C2	0.5	0.5	0.25	13.5	12				56.8607	57.7874
15	C3	0.5	0.5	0.25	13.5	8				56.8607	57.7874
16	C4	0.5	0.5	0.25	13.5	0				56.8607	57.7874
17	D1	0.5	0.5	0.25	18	20				56.893	57.7874
18	D2	0.5	0.5	0.25	18	12				56.893	57.7874
19	D3	0.5	0.5	0.25	18	8				56.893	57.7874
20	D4	0.5	0.5	0.25	18	0				56.893	57.7874
21	E1	0.5	0.5	0.25	22.5	20				56.9253	57.7874
22	E2	0.5	0.5	0.25	22.5	12				56.9253	57.7874
23	E3	0.5	0.5	0.25	22.5	8				56.9253	57.7874
24	E4	0.5	0.5	0.25	22.5	0				56.9253	57.7874
25	F1	0.5	0.5	0.25	27	20				56.9575	57.7874
26	F2	0.5	0.5	0.25	27	12				56.9575	57.7874
27	F3	0.5	0.5	0.25	27	8				56.9575	57.7874
28	F4	0.5	0.5	0.25	27	0				56.9575	57.7874
29	F5	0.5	0.5	0.25	27	3.5				56.9575	57.7874
30	G1	0.5	0.5	0.25	32	20				56.9934	57.7874
31	G2	0.5	0.5	0.25	32	12				56.9934	57.7874
32	G3	0.5	0.5	0.25	32	8				56.9934	57.7874
33	G4	0.5	0.5	0.25	32	0				56.9934	57.7874
34	G5	0.5	0.5	0.25	32	3.5				56.9934	57.7874
35	H1	0.5	0.5	0.25	37	20				57.0292	57.7874
36	H2	0.5	0.5	0.25	37	12				57.0292	57.7874
37	H3	0.5	0.5	0.25	37	8				57.0292	57.7874
38	H4	0.5	0.5	0.25	37	0				57.0292	57.7874
39	H5	0.5	0.5	0.25	37	3.5				57.0292	57.7874
40	I1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				57.0615	57.7874
41	I2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				57.0615	57.7874
42	I3	0.5	0.5	0.25	41.5	8				57.0615	57.7874
43	I4	0.5	0.5	0.25	41.5	0				57.0615	57.7874
44	J1	0.5	0.5	0.25	46	20				57.0937	57.7874
45	J2	0.5	0.5	0.25	46	12				57.0937	57.7874

46	J3	0.5	0.5	0.25	46	8	3633.94	1083.069	1495.828	57.0937	57.7874
47	J4	0.5	0.5	0.25	46	0				57.0937	57.7874
48	K1	0.5	0.5	0.25	50.5	20				57.126	57.7874
49	K2	0.5	0.5	0.25	50.5	12				57.126	57.7874
50	K3	0.5	0.5	0.25	50.5	8				57.126	57.7874
51	K4	0.5	0.5	0.25	50.5	0				57.126	57.7874
52	L1	0.5	0.5	0.25	55	20				57.1582	57.7874
53	L2	0.5	0.5	0.25	55	12				57.1582	57.7874
54	L3	0.5	0.5	0.25	55	8				57.1582	57.7874
55	L4	0.5	0.5	0.25	55	0				57.1582	57.7874
56	M1	0.5	0.5	0.25	59.5	20				57.1905	57.7874
57	M2	0.5	0.5	0.25	59.5	12				57.1905	57.7874
58	M3	0.5	0.5	0.25	59.5	8				57.1905	57.7874
59	M4	0.5	0.5	0.25	59.5	0				57.1905	57.7874
60	N1	0.5	0.5	0.25	64	20				57.2227	57.7874
61	N2	0.5	0.5	0.25	64	12				57.2227	57.7874
62	N3	0.5	0.5	0.25	64	8				57.2227	57.7874
63	N4	0.5	0.5	0.25	64	0				57.2227	57.7874
Total				15.75						3590.58	64.3549

Tabel 4. 12 Gaya Gempa per Kolom Lantai 2

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	0	20	36834.21	30832.9	48517.77	558.549	520.208
2	A'2	0.5	0.5	0.25	0	12				558.549	492.722
3	A'3	0.5	0.5	0.25	0	8				558.549	478.978
4	A'4	0.5	0.5	0.25	0	0				558.549	451.492
5	A1	0.5	0.5	0.25	4.5	20				559.467	520.208
6	A2	0.5	0.5	0.25	4.5	12				559.467	492.722
7	A3	0.5	0.5	0.25	4.5	8				559.467	478.978
8	A4	0.5	0.5	0.25	4.5	0				559.467	451.492
9	B1	0.5	0.5	0.25	9	20				560.386	520.208
10	B2	0.5	0.5	0.25	9	12				560.386	492.722
11	B3	0.5	0.5	0.25	9	8				560.386	478.978
12	B4	0.5	0.5	0.25	9	0				560.386	451.492
13	C1	0.5	0.5	0.25	13.5	20				561.304	520.208
14	C2	0.5	0.5	0.25	13.5	12				561.304	492.722
15	C3	0.5	0.5	0.25	13.5	8				561.304	478.978
16	C4	0.5	0.5	0.25	13.5	0				561.304	451.492
17	D1	0.5	0.5	0.25	18	20				562.222	520.208
18	D2	0.5	0.5	0.25	18	12				562.222	492.722
19	D3	0.5	0.5	0.25	18	8				562.222	478.978
20	D4	0.5	0.5	0.25	18	0				562.222	451.492

21	E1	0.5	0.5	0.25	22.5	20	36834.21	30832.9	48517.77	563.141	520.208
22	E2	0.5	0.5	0.25	22.5	12				563.141	492.722
23	E3	0.5	0.5	0.25	22.5	8				563.141	478.978
24	E4	0.5	0.5	0.25	22.5	0				563.141	451.492
25	F1	0.5	0.5	0.25	27	20				564.059	520.208
26	F2	0.5	0.5	0.25	27	12				564.059	492.722
27	F3	0.5	0.5	0.25	27	8				564.059	478.978
28	F4	0.5	0.5	0.25	27	0				564.059	451.492
29	F5	0.5	0.5	0.25	27	3.5				564.059	463.517
30	G1	0.5	0.5	0.25	32	20				565.079	520.208
31	G2	0.5	0.5	0.25	32	12				565.079	492.722
32	G3	0.5	0.5	0.25	32	8				565.079	478.978
33	G4	0.5	0.5	0.25	32	0				565.079	451.492
34	G5	0.5	0.5	0.25	32	3.5				565.079	463.517
35	H1	0.5	0.5	0.25	37	20				566.1	520.208
36	H2	0.5	0.5	0.25	37	12				566.1	492.722
37	H3	0.5	0.5	0.25	37	8				566.1	478.978
38	H4	0.5	0.5	0.25	37	0				566.1	451.492
39	H5	0.5	0.5	0.25	37	3.5				566.1	463.517
40	I1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				567.018	520.208
41	I2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				567.018	492.722
42	I3	0.5	0.5	0.25	41.5	8				567.018	478.978
43	I4	0.5	0.5	0.25	41.5	0				567.018	451.492
44	J1	0.5	0.5	0.25	46	20				567.936	520.208
45	J2	0.5	0.5	0.25	46	12				567.936	492.722
46	J3	0.5	0.5	0.25	46	8				567.936	478.978
47	J4	0.5	0.5	0.25	46	0				567.936	451.492
48	K1	0.5	0.5	0.25	50.5	20				568.855	520.208
49	K2	0.5	0.5	0.25	50.5	12				568.855	492.722
50	K3	0.5	0.5	0.25	50.5	8				568.855	478.978
51	K4	0.5	0.5	0.25	50.5	0				568.855	451.492
52	L1	0.5	0.5	0.25	55	20				569.773	520.208
53	L2	0.5	0.5	0.25	55	12				569.773	492.722
54	L3	0.5	0.5	0.25	55	8				569.773	478.978
55	L4	0.5	0.5	0.25	55	0				569.773	451.492
56	M1	0.5	0.5	0.25	59.5	20				570.691	520.208
57	M2	0.5	0.5	0.25	59.5	12				570.691	492.722
58	M3	0.5	0.5	0.25	59.5	8				570.691	478.978
59	M4	0.5	0.5	0.25	59.5	0				570.691	451.492
60	N1	0.5	0.5	0.25	64	20				571.61	520.208
61	N2	0.5	0.5	0.25	64	12				571.61	492.722
62	N3	0.5	0.5	0.25	64	8				571.61	478.978
63	N4	0.5	0.5	0.25	64	0				571.61	451.492
Total				15.75						35600	30541.6

Tabel 4. 13 Gaya Gempa per Kolom Lantai 3

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	0	20	75333.01	3897.002	71585.88	1192.46	1100.65
2	A'2	0.5	0.5	0.25	0	12				1192.46	1060.1
3	A'3	0.5	0.5	0.25	0	8				1192.46	1039.82
4	A'4	0.5	0.5	0.25	0	0				1192.46	999.264
5	A1	0.5	0.5	0.25	4.5	20				1192.58	1100.65
6	A2	0.5	0.5	0.25	4.5	12				1192.58	1060.1
7	A3	0.5	0.5	0.25	4.5	8				1192.58	1039.82
8	A4	0.5	0.5	0.25	4.5	0				1192.58	999.264
9	B1	0.5	0.5	0.25	9	20				1192.69	1100.65
10	B2	0.5	0.5	0.25	9	12				1192.69	1060.1
11	B3	0.5	0.5	0.25	9	8				1192.69	1039.82
12	B4	0.5	0.5	0.25	9	0				1192.69	999.264
13	C1	0.5	0.5	0.25	13.5	20				1192.81	1100.65
14	C2	0.5	0.5	0.25	13.5	12				1192.81	1060.1
15	C3	0.5	0.5	0.25	13.5	8				1192.81	1039.82
16	C4	0.5	0.5	0.25	13.5	0				1192.81	999.264
17	D1	0.5	0.5	0.25	18	20				1192.92	1100.65
18	D2	0.5	0.5	0.25	18	12				1192.92	1060.1
19	D3	0.5	0.5	0.25	18	8				1192.92	1039.82
20	D4	0.5	0.5	0.25	18	0				1192.92	999.264
21	E1	0.5	0.5	0.25	22.5	20				1193.04	1100.65
22	E2	0.5	0.5	0.25	22.5	12				1193.04	1060.1
23	E3	0.5	0.5	0.25	22.5	8				1193.04	1039.82
24	E4	0.5	0.5	0.25	22.5	0				1193.04	999.264
25	F1	0.5	0.5	0.25	27	20				1193.16	1100.65
26	F2	0.5	0.5	0.25	27	12				1193.16	1060.1
27	F3	0.5	0.5	0.25	27	8				1193.16	1039.82
28	F4	0.5	0.5	0.25	27	0				1193.16	999.264
29	F5	0.5	0.5	0.25	27	3.5				1193.16	1017.01
30	G1	0.5	0.5	0.25	32	20				1193.29	1100.65
31	G2	0.5	0.5	0.25	32	12				1193.29	1060.1
32	G3	0.5	0.5	0.25	32	8				1193.29	1039.82
33	G4	0.5	0.5	0.25	32	0				1193.29	999.264
34	G5	0.5	0.5	0.25	32	3.5				1193.29	1017.01
35	H1	0.5	0.5	0.25	37	20				1193.41	1100.65
36	H2	0.5	0.5	0.25	37	12				1193.41	1060.1
37	H3	0.5	0.5	0.25	37	8				1193.41	1039.82
38	H4	0.5	0.5	0.25	37	0				1193.41	999.264
39	H5	0.5	0.5	0.25	37	3.5				1193.41	1017.01
40	I1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				1193.53	1100.65
41	I2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				1193.53	1060.1
42	I3	0.5	0.5	0.25	41.5	8				1193.53	1039.82
43	I4	0.5	0.5	0.25	41.5	0				1193.53	999.264

44	J1	0.5	0.5	0.25	46	20	75333.01	3897.002	71585.88	1193.65	1100.65
45	J2	0.5	0.5	0.25	46	12				1193.65	1060.1
46	J3	0.5	0.5	0.25	46	8				1193.65	1039.82
47	J4	0.5	0.5	0.25	46	0				1193.65	999.264
48	K1	0.5	0.5	0.25	50.5	20				1193.76	1100.65
49	K2	0.5	0.5	0.25	50.5	12				1193.76	1060.1
50	K3	0.5	0.5	0.25	50.5	8				1193.76	1039.82
51	K4	0.5	0.5	0.25	50.5	0				1193.76	999.264
52	L1	0.5	0.5	0.25	55	20				1193.88	1100.65
53	L2	0.5	0.5	0.25	55	12				1193.88	1060.1
54	L3	0.5	0.5	0.25	55	8				1193.88	1039.82
55	L4	0.5	0.5	0.25	55	0				1193.88	999.264
56	M1	0.5	0.5	0.25	59.5	20				1194	1100.65
57	M2	0.5	0.5	0.25	59.5	12				1194	1060.1
58	M3	0.5	0.5	0.25	59.5	8				1194	1039.82
59	M4	0.5	0.5	0.25	59.5	0				1194	999.264
60	N1	0.5	0.5	0.25	64	20				1194.11	1100.65
61	N2	0.5	0.5	0.25	64	12				1194.11	1060.1
62	N3	0.5	0.5	0.25	64	8				1194.11	1039.82
63	N4	0.5	0.5	0.25	64	0				1194.11	999.264
Total				15.75						75177	66048.5

Tabel 4. 14 Gaya Gempa per Kolom Lantai 4

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m ²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	0	20	110956	5739.788	105436.9	1756.34	1621.12
2	A'2	0.5	0.5	0.25	0	12				1756.34	1561.39
3	A'3	0.5	0.5	0.25	0	8				1756.34	1531.52
4	A'4	0.5	0.5	0.25	0	0				1756.34	1471.79
5	A1	0.5	0.5	0.25	4.5	20				1756.51	1621.12
6	A2	0.5	0.5	0.25	4.5	12				1756.51	1561.39
7	A3	0.5	0.5	0.25	4.5	8				1756.51	1531.52
8	A4	0.5	0.5	0.25	4.5	0				1756.51	1471.79
9	B1	0.5	0.5	0.25	9	20				1756.68	1621.12
10	B2	0.5	0.5	0.25	9	12				1756.68	1561.39
11	B3	0.5	0.5	0.25	9	8				1756.68	1531.52
12	B4	0.5	0.5	0.25	9	0				1756.68	1471.79
13	C1	0.5	0.5	0.25	13.5	20				1756.86	1621.12
14	C2	0.5	0.5	0.25	13.5	12				1756.86	1561.39
15	C3	0.5	0.5	0.25	13.5	8				1756.86	1531.52
16	C4	0.5	0.5	0.25	13.5	0				1756.86	1471.79
17	D1	0.5	0.5	0.25	18	20				1757.03	1621.12
18	D2	0.5	0.5	0.25	18	12				1757.03	1561.39
19	D3	0.5	0.5	0.25	18	8				1757.03	1531.52
20	D4	0.5	0.5	0.25	18	0				1757.03	1471.79

21	E1	0.5	0.5	0.25	22.5	20				1757.2	1621.12
22	E2	0.5	0.5	0.25	22.5	12				1757.2	1561.39
23	E3	0.5	0.5	0.25	22.5	8				1757.2	1531.52
24	E4	0.5	0.5	0.25	22.5	0				1757.2	1471.79
25	F1	0.5	0.5	0.25	27	20				1757.37	1621.12
26	F2	0.5	0.5	0.25	27	12				1757.37	1561.39
27	F3	0.5	0.5	0.25	27	8				1757.37	1531.52
28	F4	0.5	0.5	0.25	27	0				1757.37	1471.79
29	F5	0.5	0.5	0.25	27	3.5				1757.37	1497.92
30	G1	0.5	0.5	0.25	32	20				1757.56	1621.12
31	G2	0.5	0.5	0.25	32	12				1757.56	1561.39
32	G3	0.5	0.5	0.25	32	8				1757.56	1531.52
33	G4	0.5	0.5	0.25	32	0				1757.56	1471.79
34	G5	0.5	0.5	0.25	32	3.5				1757.56	1497.92
35	H1	0.5	0.5	0.25	37	20				1757.75	1621.12
36	H2	0.5	0.5	0.25	37	12				1757.75	1561.39
37	H3	0.5	0.5	0.25	37	8				1757.75	1531.52
38	H4	0.5	0.5	0.25	37	0				1757.75	1471.79
39	H5	0.5	0.5	0.25	37	3.5				1757.75	1497.92
40	I1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				1757.92	1621.12
41	I2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				1757.92	1561.39
42	I3	0.5	0.5	0.25	41.5	8	110956	5739.788	105436.9	1757.92	1531.52
43	I4	0.5	0.5	0.25	41.5	0				1757.92	1471.79
44	J1	0.5	0.5	0.25	46	20				1758.09	1621.12
45	J2	0.5	0.5	0.25	46	12				1758.09	1561.39
46	J3	0.5	0.5	0.25	46	8				1758.09	1531.52
47	J4	0.5	0.5	0.25	46	0				1758.09	1471.79
48	K1	0.5	0.5	0.25	50.5	20				1758.26	1621.12
49	K2	0.5	0.5	0.25	50.5	12				1758.26	1561.39
50	K3	0.5	0.5	0.25	50.5	8				1758.26	1531.52
51	K4	0.5	0.5	0.25	50.5	0				1758.26	1471.79
52	L1	0.5	0.5	0.25	55	20				1758.43	1621.12
53	L2	0.5	0.5	0.25	55	12				1758.43	1561.39
54	L3	0.5	0.5	0.25	55	8				1758.43	1531.52
55	L4	0.5	0.5	0.25	55	0				1758.43	1471.79
56	M1	0.5	0.5	0.25	59.5	20				1758.6	1621.12
57	M2	0.5	0.5	0.25	59.5	12				1758.6	1561.39
58	M3	0.5	0.5	0.25	59.5	8				1758.6	1531.52
59	M4	0.5	0.5	0.25	59.5	0				1758.6	1471.79
60	N1	0.5	0.5	0.25	64	20				1758.77	1621.12
61	N2	0.5	0.5	0.25	64	12				1758.77	1561.39
62	N3	0.5	0.5	0.25	64	8				1758.77	1531.52
63	N4	0.5	0.5	0.25	64	0				1758.77	1471.79
Total				15.75						110726	97281

Tabel 4. 15 Gaya Gempa per Kolom Lantai 5

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m ²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	0	20	128979.20	6672.14	122563.66	2041.64	1884.45
2	A'2	0.5	0.5	0.25	0	12				2041.64	1815.01
3	A'3	0.5	0.5	0.25	0	8				2041.64	1780.29
4	A'4	0.5	0.5	0.25	0	0				2041.64	1710.86
5	A1	0.5	0.5	0.25	4.5	20				2041.84	1884.45
6	A2	0.5	0.5	0.25	4.5	12				2041.84	1815.01
7	A3	0.5	0.5	0.25	4.5	8				2041.84	1780.29
8	A4	0.5	0.5	0.25	4.5	0				2041.84	1710.86
9	B1	0.5	0.5	0.25	9	20				2042.03	1884.45
10	B2	0.5	0.5	0.25	9	12				2042.03	1815.01
11	B3	0.5	0.5	0.25	9	8				2042.03	1780.29
12	B4	0.5	0.5	0.25	9	0				2042.03	1710.86
13	C1	0.5	0.5	0.25	13.5	20				2042.23	1884.45
14	C2	0.5	0.5	0.25	13.5	12				2042.23	1815.01
15	C3	0.5	0.5	0.25	13.5	8				2042.23	1780.29
16	C4	0.5	0.5	0.25	13.5	0				2042.23	1710.86
17	D1	0.5	0.5	0.25	18	20				2042.43	1884.45
18	D2	0.5	0.5	0.25	18	12				2042.43	1815.01
19	D3	0.5	0.5	0.25	18	8				2042.43	1780.29
20	D4	0.5	0.5	0.25	18	0				2042.43	1710.86
21	E1	0.5	0.5	0.25	22.5	20				2042.63	1884.45
22	E2	0.5	0.5	0.25	22.5	12				2042.63	1815.01
23	E3	0.5	0.5	0.25	22.5	8				2042.63	1780.29
24	E4	0.5	0.5	0.25	22.5	0				2042.63	1710.86
25	F1	0.5	0.5	0.25	27	20				2042.83	1884.45
26	F2	0.5	0.5	0.25	27	12				2042.83	1815.01
27	F3	0.5	0.5	0.25	27	8				2042.83	1780.29
28	F4	0.5	0.5	0.25	27	0				2042.83	1710.86
29	F5	0.5	0.5	0.25	27	3.5				2042.83	1741.24
30	G1	0.5	0.5	0.25	32	20				2043.05	1884.45
31	G2	0.5	0.5	0.25	32	12				2043.05	1815.01
32	G3	0.5	0.5	0.25	32	8				2043.05	1780.29
33	G4	0.5	0.5	0.25	32	0				2043.05	1710.86
34	G5	0.5	0.5	0.25	32	3.5				2043.05	1741.24
35	H1	0.5	0.5	0.25	37	20				2043.27	1884.45
36	H2	0.5	0.5	0.25	37	12				2043.27	1815.01
37	H3	0.5	0.5	0.25	37	8				2043.27	1780.29
38	H4	0.5	0.5	0.25	37	0				2043.27	1710.86
39	H5	0.5	0.5	0.25	37	3.5				2043.27	1741.24
40	I1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				2043.47	1884.45
41	I2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				2043.47	1815.01
42	I3	0.5	0.5	0.25	41.5	8				2043.47	1780.29
43	I4	0.5	0.5	0.25	41.5	0				2043.47	1710.86

44	J1	0.5	0.5	0.25	46	20	128979.20	6672.14	122563.66	2043.67	1884.45
45	J2	0.5	0.5	0.25	46	12				2043.67	1815.01
46	J3	0.5	0.5	0.25	46	8				2043.67	1780.29
47	J4	0.5	0.5	0.25	46	0				2043.67	1710.86
48	K1	0.5	0.5	0.25	50.5	20				2043.87	1884.45
49	K2	0.5	0.5	0.25	50.5	12				2043.87	1815.01
50	K3	0.5	0.5	0.25	50.5	8				2043.87	1780.29
51	K4	0.5	0.5	0.25	50.5	0				2043.87	1710.86
52	L1	0.5	0.5	0.25	55	20				2044.07	1884.45
53	L2	0.5	0.5	0.25	55	12				2044.07	1815.01
54	L3	0.5	0.5	0.25	55	8				2044.07	1780.29
55	L4	0.5	0.5	0.25	55	0				2044.07	1710.86
56	M1	0.5	0.5	0.25	59.5	20				2044.26	1884.45
57	M2	0.5	0.5	0.25	59.5	12				2044.26	1815.01
58	M3	0.5	0.5	0.25	59.5	8				2044.26	1780.29
59	M4	0.5	0.5	0.25	59.5	0				2044.26	1710.86
60	N1	0.5	0.5	0.25	64	20				2044.46	1884.45
61	N2	0.5	0.5	0.25	64	12				2044.46	1815.01
62	N3	0.5	0.5	0.25	64	8				2044.46	1780.29
63	N4	0.5	0.5	0.25	64	0				2044.46	1710.86
Total				15.75						128712	113083

Tabel 4. 16 Gaya Gempa per Kolom Lantai Atap

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	0	20	135034.86	6959.69	128343.82	2137.51	1972.89
2	A'2	0.5	0.5	0.25	0	12				2137.51	1900.18
3	A'3	0.5	0.5	0.25	0	8				2137.51	1863.82
4	A'4	0.5	0.5	0.25	0	0				2137.51	1791.12
5	A1	0.5	0.5	0.25	4.5	20				2137.72	1972.89
6	A2	0.5	0.5	0.25	4.5	12				2137.72	1900.18
7	A3	0.5	0.5	0.25	4.5	8				2137.72	1863.82
8	A4	0.5	0.5	0.25	4.5	0				2137.72	1791.12
9	B1	0.5	0.5	0.25	9	20				2137.93	1972.89
10	B2	0.5	0.5	0.25	9	12				2137.93	1900.18
11	B3	0.5	0.5	0.25	9	8				2137.93	1863.82
12	B4	0.5	0.5	0.25	9	0				2137.93	1791.12
13	C1	0.5	0.5	0.25	13.5	20				2138.14	1972.89
14	C2	0.5	0.5	0.25	13.5	12				2138.14	1900.18
15	C3	0.5	0.5	0.25	13.5	8				2138.14	1863.82
16	C4	0.5	0.5	0.25	13.5	0				2138.14	1791.12
17	D1	0.5	0.5	0.25	18	20				2138.34	1972.89
18	D2	0.5	0.5	0.25	18	12				2138.34	1900.18
19	D3	0.5	0.5	0.25	18	8				2138.34	1863.82
20	D4	0.5	0.5	0.25	18	0				2138.34	1791.12

21	E1	0.5	0.5	0.25	22.5	20	135034.86	6959.69	128343.82	2138.55	1972.89
22	E2	0.5	0.5	0.25	22.5	12				2138.55	1900.18
23	E3	0.5	0.5	0.25	22.5	8				2138.55	1863.82
24	E4	0.5	0.5	0.25	22.5	0				2138.55	1791.12
25	F1	0.5	0.5	0.25	27	20				2138.76	1972.89
26	F2	0.5	0.5	0.25	27	12				2138.76	1900.18
27	F3	0.5	0.5	0.25	27	8				2138.76	1863.82
28	F4	0.5	0.5	0.25	27	0				2138.76	1791.12
29	F5	0.5	0.5	0.25	27	3.5				2138.76	1822.93
30	G1	0.5	0.5	0.25	32	20				2138.99	1972.89
31	G2	0.5	0.5	0.25	32	12				2138.99	1900.18
32	G3	0.5	0.5	0.25	32	8				2138.99	1863.82
33	G4	0.5	0.5	0.25	32	0				2138.99	1791.12
34	G5	0.5	0.5	0.25	32	3.5				2138.99	1822.93
35	H1	0.5	0.5	0.25	37	20				2139.22	1972.89
36	H2	0.5	0.5	0.25	37	12				2139.22	1900.18
37	H3	0.5	0.5	0.25	37	8				2139.22	1863.82
38	H4	0.5	0.5	0.25	37	0				2139.22	1791.12
39	H5	0.5	0.5	0.25	37	3.5				2139.22	1822.93
40	I1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				2139.43	1972.89
41	I2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				2139.43	1900.18
42	I3	0.5	0.5	0.25	41.5	8				2139.43	1863.82
43	I4	0.5	0.5	0.25	41.5	0				2139.43	1791.12
44	J1	0.5	0.5	0.25	46	20				2139.63	1972.89
45	J2	0.5	0.5	0.25	46	12				2139.63	1900.18
46	J3	0.5	0.5	0.25	46	8				2139.63	1863.82
47	J4	0.5	0.5	0.25	46	0				2139.63	1791.12
48	K1	0.5	0.5	0.25	50.5	20				2139.84	1972.89
49	K2	0.5	0.5	0.25	50.5	12				2139.84	1900.18
50	K3	0.5	0.5	0.25	50.5	8				2139.84	1863.82
51	K4	0.5	0.5	0.25	50.5	0				2139.84	1791.12
52	L1	0.5	0.5	0.25	55	20				2140.05	1972.89
53	L2	0.5	0.5	0.25	55	12				2140.05	1900.18
54	L3	0.5	0.5	0.25	55	8				2140.05	1863.82
55	L4	0.5	0.5	0.25	55	0				2140.05	1791.12
56	M1	0.5	0.5	0.25	59.5	20				2140.26	1972.89
57	M2	0.5	0.5	0.25	59.5	12				2140.26	1900.18
58	M3	0.5	0.5	0.25	59.5	8				2140.26	1863.82
59	M4	0.5	0.5	0.25	59.5	0				2140.26	1791.12
60	N1	0.5	0.5	0.25	64	20				2140.46	1972.89
61	N2	0.5	0.5	0.25	64	12				2140.46	1900.18
62	N3	0.5	0.5	0.25	64	8				2140.46	1863.82
63	N4	0.5	0.5	0.25	64	0				2140.46	1791.12
Total				15.75						134756	118389

Tabel 4. 17 Gaya Gempa Perkolom Perlantai Tambahan

No.	As	b	h	A	Xo	Yo	Fi	mx	my	Fx	Fy
		(m)	(m)	(m ²)	X	Y					
1	A'1	0.5	0.5	0.25	37	20	42063.82	24623.31	236.98	10302.9	10511.46
2	A'2	0.5	0.5	0.25	37	12				10302.9	10510.64
3	A1	0.5	0.5	0.25	41.5	20				10310.9	10511.46
4	A2	0.5	0.5	0.25	41.5	12				10310.9	10510.64
Total				1						41227.7	42044.2

4.3 Perhitungan Struktur

4.3.1 Pelat

4.3.1.1 Pelat Lantai 2 Arah

Pada analisa perhitungan pelat lantai yang ditinjau adalah pada pelat lantai 3 dengan ukuran 5m x 3,5m dengan fungsi ruangan sebagai lobby.

Data – data perencanaan :

- Tipe pelat : S1
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 500 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 350 cm
- β : 0,85
- ϕ : 0,8
- h : 120 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Perhitungan penulangan pelat :

- Tipe pelat

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{500}{350} = 1,4 \leq 2 \quad (\text{Two way slab})$$

- Pembebanan pelat

a. Beban Hidup (q_L)			
	Lobby	=	479 kg/m ²
	Q_u	=	479 kg/m ²
b. Beban Mati (q_D)			
	Berat sendiri plat ($t=12$ cm)	=	288 kg/m ²
	Spesi ($t=2$ cm)	=	42 kg/m
	Berat keramik ($t=1$ cm)	=	17.2 kg/m
	Plumbing	=	25 kg/m
	Plafond kalsiboard 4.5	=	6.39 kg/m
	Mekanikal Elektrikal	=	19 kg/m
	Q_{dl}	=	398 kg/m ²
c. Beban Ultimate			
	$U = 1,2 D + 1,6 L$		
	$U = 1243,96 \text{ kg/m}^2$		

- Momen pada pelat

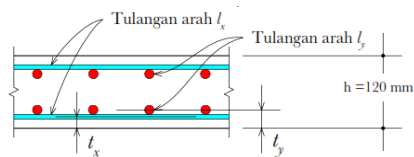
- Perhitungan momen berdasarkan tabel pada PBI 1971 tabel 13.3.2 dengan tipe Momen pada pelat terjepit penuh

Momen		X		
Lapangan	M_{lx}	34	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	517,91 kg.m
	M_{ly}	18	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	274,19 kg.m
Tumpuan	M_{Tx}	73	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	1111,9 kg.m
	M_{Ty}	57	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	868,27 kg.m

- Perhitungan

- Tebal decking : 20 mm
- D tulangan rencana : 10 mm

Tinggi Manfaat :



$$\begin{aligned}
 d_x &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - (1/2 d_{\text{rencana}}) \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - d_{\text{rencana}} - (1/2 d_{\text{rencana}}) \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0,0014 \\
 &\quad (SNI 2847-2013.2.1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,064 \\
 &= 0,048
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{240}{0,85 \times 30} \\
 &= 9,41
 \end{aligned}$$

- **Tulangan Lapangan**

- **Arah X**

$$M_u = 517,91 \text{ kg.m} = 5.179.160 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5.179.160}{0,8} = 6.473.951 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{6.473.951}{1000 \times 95^2} = 0,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,72}{240}} \right) \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,003 < 0,048 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,003 \times 1000 \times 95 \\
 &= 374,47 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq 2h \\
 &\leq 2 \text{ (120mm)} \\
 &\leq 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{374,47} \\
 &= 210 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\
 200 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-100mm**

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 785,71 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$785,71 \text{ mm}^2 > 374,47 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **D10-100mm**.

- Arah Y

$$M_u = 274,19 \text{ kg.m} = 2.741.909 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2741909}{0,8} = 3.427.386 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{3427386}{1000 \times 85^2} = 0,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,47}{240}} \right)$$

$$= 0,002$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,002 < 0,048 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0025 \times 1000 \times 85$$

$$= 220,48 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{220,48}$$

$$= 356 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$240 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **D10-100mm**

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 785,71 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$785,71 \text{ mm}^2 > 220,48 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah Y digunakan **D10-100mm**.

• Tulangan Tumpuan

- Arah X

$$M_u = 1111,9 \text{ kg.m} = 11.119.963 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{11.119.963}{0,8} = 13.899.954 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{13899954}{1000 \times 95^2} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 1,54}{240}} \right)$$

$$= 0,006$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,006 < 0,048 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 95$$

$$= 629,26 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{629,26}$$

$$= 125 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$240 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Tulangan yang dipakai **D10-100mm**

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 785,71 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$785,71 \text{ mm}^2 > 629,26 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **D10-100mm**.

- Arah Y

$$M_u = 868,27 \text{ kg.m} = 8.682.711 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8.682.711}{0,8} = 8.172.109 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{8.172.109}{1000 \times 85^2} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 1,54}{240}} \right) \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,006 < 0,024 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006 \times 1000 \times 85 \\ &= 548,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{548,69} \\ &= 143 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-100mm**

$$\begin{aligned} A_{spakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 785,71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{spakai} &> A_{sperlu} \\ 785,71 \text{ mm}^2 &> 548,69 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **D10-100mm**.

- Kesimpulan Penulangan

Tumpuan	Arah X	D10-100
	Arah Y	D10-100
Lapangan	Arah X	D10-100
	Arah Y	D10-100

- **Tulangan Susut**

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 240 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum $\rho_{susut} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_{susut} &= \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } S_{maks} &\leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450 \\ S_{maks} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D8 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{216} \\ &= 363 \end{aligned}$$

Syarat : $S_{maks} \leq 5h$ atau $S_{maks} \leq 450$
 $363 \leq 600$ atau $363 \leq 450$ **(Memenuhi)**
 Maka digunakan $S = 200$ mm
 Dipakai tulangan D8-200 mm

$$A_{spakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8mm)^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,2 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{spakai} > A_{sperlu}$$

$$251,2 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

4.3.1.2 Pelat Atap 1 Arah

Pada analisa perhitungan pelat lantai yang ditinjau adalah pada pelat lantai 3 dengan ukuran 5m x 2,35m dengan fungsi sebagai atap.

Data – data perencanaan :

- Tipe pelat : S1
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 500 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 235 cm
- β : 0,85
- ϕ : 0,8
- h : 120 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Perhitungan penulangan pelat :

- Tipe pelat

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{500}{235} = 2,13 \geq 2 \quad \text{(One way slab)}$$

- Pembebanan pelat

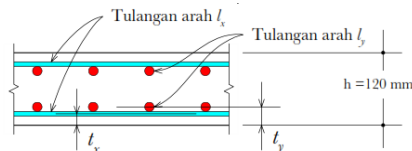
a. Beban Hidup (q_L)				
	Atap	=	96	kg/m ²
	Hujan	=	24,5	kg/m ²
	Q_u	=	120,5	kg/m ²
b. Beban Mati (q_D)				
	Berat sendiri plat ($t=12$ cm)	=	288	kg/m ²
	Berat aspal	=	10,5	kg/m
	Plumbing	=	25	kg/m
	Plafond kalsiboard 4.5	=	6.39	kg/m
	Mekanikal Elektrikal	=	19	kg/m
	Q_{dl}	=	349	kg/m ²
c. Beban Ultimate				
	$U = 1,2 D + 1,6 L$			
	$U = 611,47$ kg/m ²			

- Momen pada pelat
- Perhitungan momen berdasarkan tabel pada PBI 1971 tabel 13.3.2 dengan tipe Momen pada pelat terjepit penuh

Momen		X		
Tumpuan	M_{Txl}	0,04	$Q_u * M_{lx}^2 * X$	115,05kg.m
	M_{Txr}	0,11	$Q_u * M_{lx}^2 * X$	306,8 kg.m
Lapangan	M_{Lx}	0,07	$Q_u * M_{lx}^2 * X$	197,23 kg.m

- Perhitungan
 - Tebal decking : 20 mm
 - D tulangan rencana : 10 mm

Tinggi Manfaat :



$$\begin{aligned}
 d_x &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - (1/2 d_{\text{rencana}}) \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - d_{\text{rencana}} - (1/2 d_{\text{rencana}}) \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0014$$

(SNI 2847-2013.2.1)

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,064 \\
 &= 0,048
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{240}{0,85 \times 30} \\
 &= 9,41
 \end{aligned}$$

- **Tulangan Lapangan**

- **Arah X**

$$M_u = 197,2 \text{ kg.m} = 1.972.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.972.000}{0,8} = 2.191.397 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{2.191.397}{1000 \times 95^2} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,9,41,0,24}{240}} \right)$$

$$= 0,001$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,001 < 0,048 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0014 \times 1000 \times 95$$

$$= 125,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{125,5}$$

$$= 626 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$240 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150}$$

$$= 523,8 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}}$$

$$523,8 \text{ mm}^2 > 125,5 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **D10-150mm**.

• **Tulangan Tumpuan**

- Arah X Kiri

$$M_u = 115,5 \text{ kg.m} = 1.155.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.155.000}{0,8} = 1.278.315 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{1.278.315}{1000 \times 95^2} = 0,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,14}{240}} \right)$$

$$= 0,0006$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,0006 < 0,048 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0014 \times 1000 \times 95$$

$$= 73,09 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{73,09}$$

$$= 1.075 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\ 523,8 \text{ mm}^2 &> 73,09 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X kiri digunakan **D10-150mm**.

- Arah X Kanan

$$M_u = 306,8 \text{ kg.m} = 3.068.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3.068.000}{0,8} = 3.408.840 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{3.408.840}{1000 \times 95^2} = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,37}{240}} \right) \\ &= 0,0016 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0014 &< 0,0016 < 0,024 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0016 \times 1000 \times 95 \\
 &= 195,82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq 2h \\
 &\leq 2 (120\text{mm}) \\
 &\leq 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{195,82} \\
 &= 401 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\
 240 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150} \\
 &= 523,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\
 523,8 \text{ mm}^2 &> 195,82 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **D10-150mm**.

- Kesimpulan Penulangan

Tumpuan	Arah X	D10-150
	Arah Y	D10-150
Lapangan	Arah X	D10-150
	Arah Y	D10-150

• **Tulangan Susut**

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 240 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } S_{\text{maks}} &\leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \\ S_{\text{maks}} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D8 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{216} \\ &= 363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } S_{\text{maks}} &\leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \\ 363 &\leq 600 \text{ atau } 363 \leq 450 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan D8-200 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8\text{mm})^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{array}{rcl} A_{s_{pakai}} & > & A_{s_{perlu}} \\ 251,2 \text{ mm}^2 & > & 216 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{array}$$

4.3.1.3 Pelat Atap 2 Arah

Pada analisa perhitungan pelat lantai atap ditinjau adalah pada pelat atap dengan ukuran 4,5 m x 2,35 m.

Data – data perencanaan :

- Tipe pelat : S3
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 450 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 235 cm
- β : 0,85
- ϕ : 0,8
- h : 120 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

Perhitungan penulangan pelat :

- Tipe pelat

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{450}{235} = 1,9 \leq 2 \quad \text{(Two way slab)}$$

- Pembebanan pelat

a. Beban Hidup (q_L)				
	Atap	=	96	kg/m ²
	Hujan	=	24,5	kg/m ²
	Q_u	=	120,5	kg/m ²
b. Beban Mati (q_D)				
	Berat sendiri plat ($t=12$ cm)	=	288	kg/m ²
	Berat aspal	=	10,5	kg/m
	Plumbing	=	25	kg/m
	Plafond kalsiboard 4.5	=	6.39	kg/m
	Mekanikal Elektrikal	=	19	kg/m
	Q_{dl}	=	349	kg/m ²
c. Beban Ultimate				
	$U = 1,2 D + 1,6 L$			
	$U = 611,47$ kg/m ²			

- Momen pada pelat

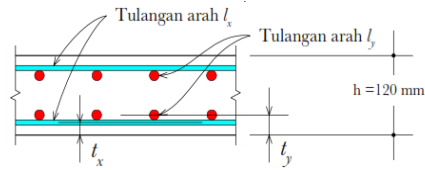
- Perhitungan momen berdasarkan tabel pada PBI 1971 tabel 13.3.2 dengan tipe Momen pada pelat terjepit penuh.

Momen		X		
Lapangan	M_{lx}	40	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	135,07 kg.m
	M_{ly}	12	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	40,52 kg.m
Tumpuan	M_{Tx}	83	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	280,27 kg.m
	M_{Ty}	57	$0,001 * Q_u * M_{lx}^2 * X$	192,47 kg.m

- Perhitungan

- Tebal decking : 20 mm
- D tulangan rencana : 10 mm

Tinggi Manfaat :



$$\begin{aligned} d_x &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - (\frac{1}{2}d_{\text{rencana}}) \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - d_{\text{rencana}} - (\frac{1}{2}d_{\text{rencana}}) \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = 0,0014$$

(SNI 2847-2013.2.1)

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,064 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,064 \\ &= 0,058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c' - 240} \\ &= \frac{f_y}{0,85 \times 30} \\ &= 9,41 \end{aligned}$$

- **Tulangan Lapangan**

- **Arah X**

$$M_u = 135,07 \text{ kg.m} = 1.350.732,8 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.350.732}{0,8} = 1.688.416 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{1.688.416}{1000 \times 95^2} = 0,187 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,187}{240}} \right) \\ &= 0,0008 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0014 &< 0,0008 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0014 \times 1000 \times 95 \\ &= 96,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{96,62} \\ &= 812,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 523,8 \text{ mm}^2 &> 96,62 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat atap Lapangan Arah X digunakan **D10-150mm**.

- Arah Y

$$M_u = 40,52 \text{ kg.m} = 405.219,84 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{405.219,84}{0,8} = 506.525 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{506.525}{1000 \times 85^2} = 0,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,07}{240}} \right) \\ &= 0,0003 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0014 &< 0,0003 < 0,048 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0004 \times 1000 \times 85 \\ &= 32,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\begin{aligned} &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{32,32} \\ &= 2429 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\ 523,8 \text{ mm}^2 &> 32,32 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat atap Lapangan Arah Y digunakan **D10-150mm**.

- **Tulangan Tumpuan**

- Arah X

$$M_u = 280,28 \text{ kg.m} = 2.802.770,6 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2.802.770,6}{0,8} = 3.503.463 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{3.503.463}{1000 \times 95^2} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,4}{240}} \right) \\ &= 0,0016\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0014 &< 0,0016 < 0,048 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0014 \times 1000 \times 95 \\ &= 201,3 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 \text{ (120 mm)} \\ &\leq 240 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{201,3} \\ &= 390 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{150}\end{aligned}$$

$$= 523,8 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$785,7 \text{ mm}^2 > 201,3 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat atap Lapangan Arah X digunakan **D10-150mm**.

- Arah Y

$$M_u = 192,48 \text{ kg.m} = 1.924.794,3 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.924.794,3}{0,8} = 2.405.993 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{2.405.993}{1000 \times 85^2} = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,33}{240}} \right)$$

$$= 0,001$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0014 < 0,001 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0014 \times 1000 \times 85$$

$$= 119,33 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-10**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{154,33}$$

$$= 508,6 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{maks} \geq S_{tul}$$

$$240 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **D10-150mm**

$$A_{spakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{150}$$

$$= 523,8 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{spakai} > A_{sperlu}$$

$$523,8 \text{ mm}^2 > 154,33 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat atap Lapangan Arah Y digunakan **D10-150mm**.

- Kesimpulan Penulangan

Tumpuan	Arah X	D10-150
	Arah Y	D10-150
Lapangan	Arah X	D10-150
	Arah Y	D10-150

- **Tulangan Susut**

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum $\rho_{susut} = 0,0018$

$$A_{susut} = \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat}$$

$$= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } S_{\text{maks}} &\leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \\ S_{\text{maks}} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm}\end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D8 mm

$$\begin{aligned}S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{216} \\ &= 363\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } S_{\text{maks}} &\leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \\ 363 &\leq 600 \text{ atau } 363 \leq 450 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan D8-200 mm

$$\begin{aligned}A_{s\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8\text{mm})^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned}A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\ 251,2 \text{ mm}^2 &> 216 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

4.3.2 Tangga dan Bordes

4.3.2.1 Tangga Utama-1

Dalam perhitungan penulangan pelat tangga utama-1, untuk menghitung pelat tangga dan pelat bordes, menentukan momen yang terjadi pada pelat tangga dan pelat bordes berdasarkan pada *output* aplikasi SAP 2000. Dari kedua hasil momen tersebut diambil nilai terbesar untuk menghitung penulangan pelat tangga dan pelat bordes.

Data-data perencanaan :

- Tipe tangga : Tangga Utama-1
- β : 0,85
- ϕ : 0,8

- Tebal pelat tangga : 150 mm
- Tebal pelat bordes : 150 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

- Output SAP 2000

Tangga

$$M_{11} = 5.706,62 \text{ kg.m}$$

$$M_{22} = 5.766,78 \text{ kg.m}$$

Bordes

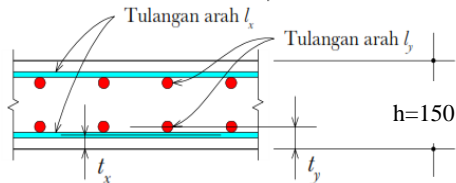
$$M_{11} = 4.860,41 \text{ kg.m}$$

$$M_{22} = 5.112,79 \text{ kg.m}$$

Perhitungan tulangan :

- tebal decking : 20 mm

- D tulangan rencana : 16 mm



Pelat tangga dan pelat bordes :

$$\begin{aligned} d_x &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - (1/2 d_{\text{rencana}}) \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (1/2 \times 16) \\ &= 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - d_{\text{rencana}} - (1/2 d_{\text{rencana}}) \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - (1/2 \times 16) \\ &= 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0325 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0325 \\
 &= 0,024 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,69
 \end{aligned}$$

• **Penulangan Pelat Tangga**

- **Arah X**

$$M_u = 5.706,62 \text{ kg.m} = 57.066.200 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{57.066.200}{0,8} = 71.332.750 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{71.332.750}{1000 \times 122^2} = 4,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 4,8}{400}} \right) \\
 &= 0,013
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\
 0,0058 &< 0,013 < 0,0484 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,013 \times 1000 \times 122 \\
 &= 1.633,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq 2h \\
 &\leq 2 (150 \text{ mm}) \\
 &\leq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{1.633,2} \\
 &= 123,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\
 300 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\
 &= 2010,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\
 2.010,62 \text{ mm}^2 &> 1.759 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat tangga Arah X digunakan **D16-100mm**.

- Arah Y

$$M_u = 5.766,78 \text{ kg.m} = 57.667.800 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{57.667.800}{0,8} = 72.084.750 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{76.622.750}{1000 \times 106^2} = 6,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 6,4}{400}} \right) \\ &= 0,018 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,018 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,018 \times 1000 \times 106 \\ &= 1.944,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2h \\ &\leq 2 (150 \text{ mm}) \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{1.944,4} \\ &= 100,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\geq S_{\text{tul}} \\ 300 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 2010,62 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{\text{pakai}} > A_{\text{perlu}}$$

$$2010,62 \text{ mm}^2 > 1.944,4 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat tangga Arah Y digunakan **D16-100mm**.

• **Penulangan Pelat Bordes**

- **Arah X**

$$M_u = 4.860,4 \text{ kg.m} = 48.604.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{48.604.000}{0,8} = 60.755.125 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{60.755.125}{1000 \times 122^2} = 4,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 4,1}{400}} \right)$$

$$= 0,011$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,011 < 0,024 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,011 \times 1000 \times 122$$

$$= 1.364,7 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (150 \text{ mm})$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{1.364,7}$$

$$= 147,3 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{maks} \geq S_{tul}$$

$$300 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$A_{s_{pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 2010,62 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}}$$

$$2010,62 \text{ mm}^2 > 1.364,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat bordes Arah X digunakan **D16-100mm**.

- Arah Y

$$M_u = 5.112,8 \text{ kg.m} = 51.128.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{51.128.000}{0,8} = 63.909.875 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{63.909.875}{1000 \times 106^2} = 5,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 5,7}{400}} \right)$$

$$= 0,016$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,016 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,016 \times 1000 \times 106$$

$$= 1.728,3 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (150\text{mm})$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{1.728,3}$$

$$= 116,3 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$300 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16\text{mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 2010,62 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$2010,62 \text{ mm}^2 > 1.728,3 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat bordes Arah Y digunakan **D16-100mm.**

Rekapitulasi penulangan Tangga Utama-1 adalah sebagai berikut :

Pelat Tangga	Arah X	D16-100
	Arah Y	D16-100
Pelat Bordes	Arah X	D16-100
	Arah Y	D16-100

• **Tulangan Susut**

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum $\rho_{\text{susut}} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } S_{\text{maks}} &\leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \\ S_{\text{maks}} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D8 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{216} \\ &= 363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } S_{\text{maks}} &\leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450 \\ 363 &\leq 600 \text{ atau } 363 \leq 450 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan D8-200 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8\text{mm})^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{array}{rcl} A_{s_{pakai}} & > & A_{s_{perlu}} \\ 251,2 \text{ mm}^2 & > & 216 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{array}$$

4.3.2.2 Tangga Utama-2

Data-data perencanaan :

- Tipe tangga : Tangga Utama-2
- β : 0,85
- ϕ : 0,8
- Tebal pelat tangga : 150 mm
- Tebal pelat bordes : 150 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa

- Output SAP 2000

Tangga

$$M_{11} = 2.210,8 \text{ kg.m}$$

$$M_{22} = 5.278,5 \text{ kg.m}$$

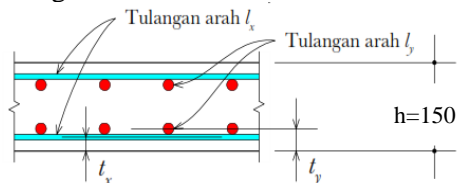
Bordes

$$M_{11} = 1.285,8 \text{ kg.m}$$

$$M_{22} = 3.545,9 \text{ kg.m}$$

Perhitungan tulangan :

- tebal decking : 20 mm
- D tulangan rencana : 16 mm



Pelat tangga dan pelat bordes :

$$\begin{aligned} d_x &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - (\frac{1}{2}d_{\text{rencana}}) \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 16) \end{aligned}$$

$$= 122 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_y &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{decking}} - d_{\text{rencana}} - (\frac{1}{2}d_{\text{rencana}}) \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 16) \\ &= 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

• Penulangan Pelat Tangga

- Arah X

$$M_u = 2.210,8 \text{ kg.m} = 22.108.800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{22.108.800}{0,8} = 27.635.375 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{27.635.375}{1000 \times 122^2} = 1,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,9}{400}} \right)$$

$$= 0,005$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,005 < 0,0484 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,005 \times 1000 \times 122$$

$$= 589 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (150 \text{ mm})$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{589}$$

$$= 341,6 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$300 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 2010,62 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$2.010,62 \text{ mm}^2 > 589 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat tangga Arah X digunakan **D16-100mm**.

- Arah Y

$$M_u = 5.279 \text{ kg.m} = 52.790.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{52.790.000}{0,8} = 65.981.500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{65.981.500}{1000 \times 106^2} = 5,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 5,9}{400}} \right) \\ &= 0,017 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,017 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,017 \times 1000 \times 106 \\ &= 1.794 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (150 \text{ mm}) \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{1.794} \end{aligned}$$

$$= 112 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 300 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 2010,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\ 2010,62 \text{ mm}^2 &> 1.794 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat tangga Arah Y digunakan **D16-100mm**.

• Penulangan Pelat Bordes

- Arah X

$$M_u = 1.286 \text{ kg.m} = 12.860.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{12.860.000}{0,8} = 16.072.750 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{16.072.750}{1000 \times 122^2} = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,1}{400}} \right) \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,003 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\text{Maka } \rho \text{ diperbesar } 30\% = 1,3 \times 0,003 = 0,0036$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 1000 \times 122 \\
 &= 427 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq 2h \\
 &\leq 2 (150 \text{ mm}) \\
 &\leq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{427} \\
 &= 470,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\
 300 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\
 &= 2010,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\
 2010,62 \text{ mm}^2 &> 427 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat bordes Arah X digunakan **D16-100mm**.

- Arah Y

$$M_u = 3.546 \text{ kg.m} = 35.460.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{35.460.000}{0,8} = 44.324.500 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{44.324.500}{1000 \times 106^2} = 3,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,9}{400}} \right) \\ &= 0,011 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,011 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,011 \times 1000 \times 106 \\ &= 1.142 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2h \\ &\leq 2 (150\text{mm}) \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **D-16**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000}{1.142} \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\geq S_{\text{tul}} \\ 300 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **D16-100mm**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16\text{mm})^2 \times 1000}{100} \\
 &= 2010,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &> A_{s_{\text{perlu}}} \\
 2010,62 \text{ mm}^2 &> 1.142 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat bordes Arah Y digunakan **D16-100mm**.

Rekapitulasi penulangan Tangga Utama-2 adalah sebagai berikut :

Pelat Tangga	Arah X	D16-100
	Arah Y	D16-100
Pelat Bordes	Arah X	D16-100
	Arah Y	D16-100

4.3.3 Balok

4.3.3.1 Balok Induk

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok induk BI1 350 x 650 mm As N Joint 1-2 pada elevasi $\pm 4\text{m}$. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI1
- Bentang balok (L) : 800 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 650 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa

- Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm
- Diameter tulangan geser (ϕ) : 13 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
- Faktor β_1 : 0,85
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ): 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Gambar denah perencanaan :



Gambar 4. 11 Denah Balok Induk yang Ditinjau Tipe B11

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 dx &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22) \text{ mm} \\
 &= 586 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

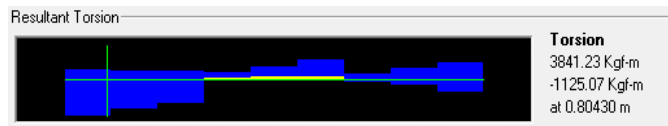
$$\begin{aligned}
 d'' &= \text{decking} + \phi_{\text{tulangan geser}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan sengkang}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 22) \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

➤ **Hasil Output Torsi**

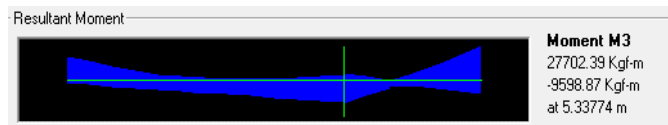
Kombinasi : Envelope
 1,2D+1EX+0,3EY+L
 Momen Puntir : 3.841,23 Kg-m



Gambar 4. 12 Diagram Gaya Torsi Balok Induk Melintang

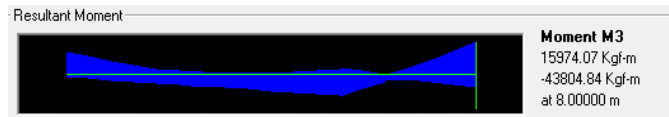
➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : Envelope
 1,2D-1EX-0,3EY+L
 Momen Lentur Lapangan : 27.702,39 Kg-m



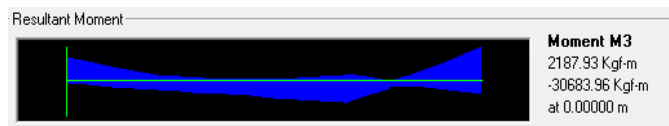
Gambar 4. 13 Diagram Gaya Momen Lentur Lapangan Balok Induk Melintang

Kombinasi : Envelope
 1,2D-1EY-0,3EX+L
 Momen Lentur Tumpuan kanan : 43.804,84 Kg-m



Gambar 4. 14 Diagram Gaya Momen Tumpuan Kanan Balok Induk Melintang

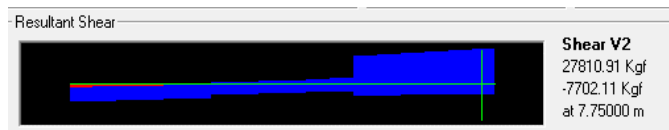
Kombinasi : Envelope
1,2D+1EY-0,3EX+L
Momen Lentur Tumpuan kiri : 30.683,96 Kg-m



Gambar 4. 15 Diagram Gaya Momen Tumpuan Kiri Balok Induk Melintang

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : Envelope
1,2D+1EX-0,3EY+L
Gaya geser : 27.810,91 Kg



Gambar 4. 16 Diagram Gaya Geser Balok Induk Melintang

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 227.500 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (350 \text{ mm} + 650 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 2.000 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (350\text{mm} - 2.40\text{mm} - 13\text{mm}) \times (650\text{mm} - 2.40\text{mm} - 13\text{mm})$$

$$A_{oh} = 143.149 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(350 \text{ mm} - 2.40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + (650 \text{ mm} - 2.40\text{mm} - 13 \text{ mm})]$$

$$P_{oh} = 1.628 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope (1,2D+1EX+0,3EY+L)

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 38.412.300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{38.412.300 \text{ Nmm}}{0,75} = 51.216.400 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 Tu \min &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))} \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{227500^2}{2000} \right) \\
 &= 8.823.335 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 Tu \max &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))} \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{227500^2}{2000} \right) \\
 &= 12.809.672 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < Tu \min$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > Tu \min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$T_u > Tu \min$$

$$38.412.300 > 8.823.335$$

(tulangan puntir diperhitungkan)

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6) berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

Dengan $A_o = 0,85 A_{oh}$ dan untuk beton non prategang
 $\emptyset = 45^\circ$

Maka :

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 A_{oh} \\ &= 0,85 \times 143.149 \\ &= 121.676 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{51.026.800 \text{ Nmm}}{2 \times 121.676 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0,52 \text{ mm} \times 1.640 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 856,6 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan (*SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3*) tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\ 0,52 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 350 \text{ mm}}{400} \\ 0,52 \text{ mm} &\geq 0,153 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,52 mm

Cek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{lmin} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 227.500 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,52 \text{ mm} \right) \times 1.640 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 451,8 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$ Maka menggunakan Al_{min}

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$ Maka menggunakan Al_{perlu}

Maka :

$$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$$

$$856,6 \text{ mm}^2 \leq 451,8 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai Al min sebesar $856,6 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{Al}{4} = \frac{856,6 \text{ mm}}{4} = 214,4 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $264,31 \text{ mm}$. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{Al}{4} = 2 \times \frac{856,6 \text{ mm}}{4} = 428 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 13 mm pada tulangan puntir pada 2 sisi yaitu sisi kiri dan sisi kanan sejumlah :

$$n = \frac{Al}{\text{Luas tulangan}}$$

$$428 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{0,25 \times \pi \times 13 \text{ mm}^2}{4}$$

$$n = 3,2 \approx 4 \text{ Buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

$$Al_{\text{pasang}} = n_{\text{pasang}} \times \text{Luasan D puntir}$$

$$= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm}^2)\right)$$

$$= 530,9 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Maka} &= A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu} \\ &= 530,9 \text{ mm}^2 > 428 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}\end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **4D13**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$\begin{aligned}X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 586 \text{ mm} \\ &= 351,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 351,6 \text{ mm} \\ &= 263,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned}X_{\min} &= d' \\ &= 64 \text{ mm}\end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$\begin{aligned}C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}} \\ C_c' &= 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm} \\ C_c' &= 1.137.937,5 \text{ N}\end{aligned}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{1.137.937,5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$A_{sc} = 2.844,08 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2844,08 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(586 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 594.287.859 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,004$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,033$$

$$= 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,69$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D-1EY-0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 438.048.400 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{438.048.400 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 486.720.444,4 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 486.720.444,4 \text{ Nmm} - 594.287.859 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -107.567.414 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{486.720.444,4 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (586 \text{ mm})^2}$$

$$= 4 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 4}{400}} \right)$$

$$= 0,011$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,011 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,011 \times 1000 \times 586$$

$$= 2.274,2 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 2.260,24 + 214,4 \\ &= 2.488,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{2.488,4 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2} \\ n &= 6,5 \approx 7 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **7D22**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2.660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &\geq A_{s_{\text{perlu}}} \\ 2.660,93 \text{ mm}^2 &\geq 2.488,4 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\ &= 0,3 \times 2.660,93 \text{ mm}^2 \\ &= 798,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s'_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{798,28 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2} \\ n &= 2,1 \approx 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan **3D22**

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \end{aligned}$$

$$= 1.140,4 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$1.140,4 \text{ mm}^2 \geq 798,28 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (7 \times 22\text{mm})}{7 - 1} \\ &= 15,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$15,00 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka tulangan disusun lebih dari 1 lapis

Dipasang :

- Lapis 1 : 5D22
- Lapis 2 : 2D22

Kontrol :

Lapis 1 :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (5 \times 22\text{mm})}{5 - 1} \\ &= 33,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$33,50 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Lapis 2 :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm})}{2 - 1} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} \\
 200 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ aktual} = 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 = 2.660,93 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ aktual} = 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 = 1.140,4 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d \text{ aktual} &= 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13\text{mm} - 22\text{mm} - \left(\frac{2}{7} \times 25\right) \\
 &= 567,85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 600 \\
 &= \left(1 - \frac{64 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) \times 600 \\
 &= 344
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a \text{ aktual} &= \frac{(A_s \text{ aktual} \times f_y) - (A_s' \text{ aktual} \times f_s')}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2.660,93 \times 400) - (1.140,4 \times 344)}{0,85 \times 30 \times 350 \text{ mm}} \\
 &= 75,24 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_u = M_{n1} + M_{n2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d') \\
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 75,24 \text{ mm}^2 \cdot 344 \text{ mm} \cdot \left(586 \text{ mm} - \frac{75,24 \text{ mm}^2}{2}\right) + 1.140,4 \text{ mm}^2 \cdot 344 \cdot (586\text{mm} - 64\text{mm}) \\
 &= 576.260.658,69 \text{ Nmm} > M_n \\
 &= 566.713.042\text{Nmm} > 486.720.444,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (3 \times 22\text{mm})}{3 - 1} \\
 &= 89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$89 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/65 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 7-D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3-D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **7D22**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\
 &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 2.660,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **3D22**

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 1.140,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1.140,9 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2.660,9 \text{ mm}^2$$

$$760,26 \text{ mm}^2 \geq 887 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 7D22

Tulangan tekan : 3D22

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s\text{pasang}}$ tulangan tarik **7D22** = 2.660,9 mm²

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 119 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$C_c' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 119 \text{ mm}$$

$$C_c' = 1.064.372 \text{ N}$$

$$T = A_{s\text{pakai}} \times f_y$$

$$T = 2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 1.064.372 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(1.064.372 \text{ N} \times \left(586 \text{ mm} - \frac{119 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 560.254.700 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot M_{n\text{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \times 560.254.700 \text{ Nmm} > 438.048.400 \text{ Nmm}$$

$$448.203.760 \text{ Nmm} > 438.048.400 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/65 dengan bentang 800 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **7D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D22**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EY-0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 306.839.600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{306.839.600 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 340.932.888,8 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 340.932.888,8 \text{ Nmm} - 594.287.859 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -253.354.970 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{340.932.888,8 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \times (586 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,8}{400}} \right)$$

$$= 0,007$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,007 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,007 \times 1000 \times 586$$

$$= 1.545,9 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + A_l/4$$

$$= 1.545,9 \text{ mm}^2 + 214,2 \text{ mm}^2$$

$$= 1.760 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{1.760 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2}$$

$$n = 4,6 \approx 7 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **7D22**

$$A_{s_{\text{pasang}}} = n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}}$$

$$= 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 2.660,93 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s_{pasang}} \geq A_{s_{perlu}}$$

$$2.660,93 \text{ mm}^2 \geq 1.749 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{s'_{perlu}} = 0,3 \times A_{s_{pasang}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1})$$

$$= 0,3 \times 2.660,93 \text{ mm}^2$$

$$= 798,23 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s'_{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{798,23 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,1 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **3-D22**

$$A_{s'_{pasang}} = n \times A_{s_{tulangan \text{ tekan}}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 1.140,4 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s'_{pasang}} \geq A_{s'_{perlu}}$$

$$1.140,4 \text{ mm}^2 \geq 798,3 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (7 \times 22 \text{ mm})}{7 - 1}$$

$$= 15,00 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$15,00 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Maka tulangan disusun lebih dari 1 lapis

Dipasang :

- Lapis 1 : 5D22
- Lapis 2 : 2D22

Kontrol :

Lapis 1 :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (5 \times 22\text{mm})}{5 - 1} \\
 &= 33,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} \\
 33,50 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Lapis 2 :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm})}{2 - 1} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} \\
 200 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$As \text{ aktual} = 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 = 2.660,93 \text{ mm}^2$$

$$As' \text{ aktual} = 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 = 1.140,4 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d \text{ aktual} &= 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13\text{mm} - 22\text{mm} - \left(\frac{2}{7} \times 25\right) \\
 &= 567,85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 fs' &= \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 600 \\
 &= \left(1 - \frac{64 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) \times 600 \\
 &= 344
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_{\text{aktual}} &= \frac{(A_s \text{ aktual} \times f_y) - (A_s' \text{ aktual} \times f_s')}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2.660,93 \times 400) - (1.140,4 \times 344)}{0,85 \times 30 \times 350 \text{ mm}} \\
 &= 75,24 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{n1} + M_{n2} \\
 &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d') \\
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 75,24 \text{ mm}^2 \cdot 344 \text{ mm} \cdot \left(586 \text{ mm} - \frac{75,24 \text{ mm}^2}{2}\right) + 1.140,4 \text{ mm}^2 \cdot 344 \cdot (586 \text{ mm} - 64 \text{ mm}) \\
 &= 576.260.658,69 \text{ Nmm} > M_n \\
 &= 566.713.042 \text{ Nmm} > 486.720.444,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - (3 \times 22 \text{ mm})}{3 - 1} \\
 &= 89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$89 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/65 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 7-D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3-D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima

kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **7D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2.660,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **3D22**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.140,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1.140,9 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2.660,9 \text{ mm}^2$$

$$760,26 \text{ mm}^2 \geq 887 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik : 7-D22

Tulangan tekan : 3-D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s\text{pasang tulangan tarik 7D22}} = 2.660,9 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\ a &= 119 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 119 \text{ mm}$$

$$Cc' = 1.064.372 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 1.064.372 \text{ N}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(1.064.372 \text{ N} \times \left(586 \text{ mm} - \frac{119 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 560.254.700 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_{n_{\text{pasang}}} &> M_u \\ 0,8 \times 560.254.700 \text{ Nmm} &> 306.839.600 \text{ Nmm} \\ 448.203.760 \text{ Nmm} &> 306.839.600 \text{ Nmm} \\ &\textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/65 dengan bentang 800 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **7D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D22**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D-1EX-0,3EY+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 277.023.900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{277.023.900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 307.804.333,3 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 307.804.333,3 \text{ Nmm} - 594.287.859,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -286.483.526 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{307.804.333,3 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (586 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,5}{400}} \right)$$

$$= 0,007$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,007 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,007 \times 1000 \times 586$$

$$= 1.386,7 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\
 &= 1.386,7 + 214,2 \\
 &= 1.600,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\
 &= \frac{1.600,8 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2} \\
 n &= 4,2 \approx 5 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **5D22**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\
 &= 5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 1.900,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &\geq A_{s_{\text{perlu}}} \\
 1.900,6 \text{ mm}^2 &\geq 1.600,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \\
 (\text{SNI } 03-2847-2013 \text{ pasal } 21.3.4.1) \\
 &= 0,3 \times 1.900,6 \text{ mm}^2 \\
 &= 570,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s'_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\
 &= \frac{570,2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2} \\
 n &= 1,5 \approx 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2-D22

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 760,26 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$760,26 \text{ mm}^2 \geq 570,2 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (5 \times 22 \text{ mm})}{5 - 1}$$

$$= 33,50 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$33,5 \text{ mm} \geq 25\text{mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 13\text{mm}) - (2 \times 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 200 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$200 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 35/65 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 5-D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2-D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang

disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **5D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.900,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 760,26 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 1.900,6 \text{ mm}^2 \\ 981,75 \text{ mm}^2 &\geq 633,55 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan :

Tulangan tarik : 5D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s\text{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{5D22} = 1.900,6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{1.900,6 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}} \\ a &= 85,18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 85,18 \text{ mm}$$

$$Cc' = 760.265,42 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1.900,6 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 760.265,42 \text{ N}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(760.265,42 \text{ N} \times \left(586 \text{ mm} - \frac{85,18 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 413.134.388,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,8 \times 413.134.388,2 \text{ Nmm} > 277.023.900 \text{ Nmm}$$

$$332.332.147 \text{ Nmm} > 277.023.900 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 35/65 dengan bentang 800 m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **5D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi Envelope 1,2D+1EX-0,3EY+L yaitu $V_u = 278.109,1 \text{ N}$.

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 2.660,9 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1.140,4 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1.140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}}$$

$$a = 40,8 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 1.140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(586 \text{ mm} - \frac{40,8 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 206.386.841,2 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a = 95,4 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(586 \text{ mm} - \frac{95,4 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 458.358.488 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$A_s = 2.660,9 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 1.140,4 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a = 95,4 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{n_l} = 2.660,9 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(586 \text{ mm} - \frac{95,4 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{n_l} = 458.358.488 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1.140,4 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm}}$$

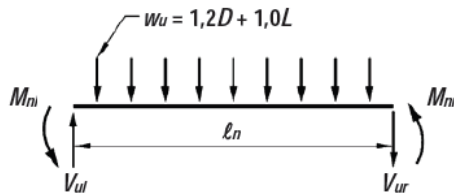
$$a = 40,8 \text{ mm}$$

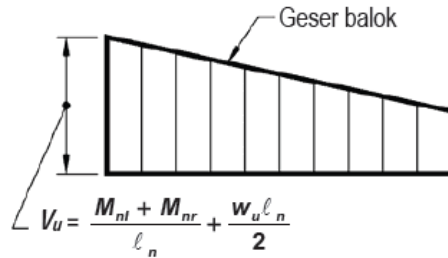
$$M_{n_R} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{n_R} = 1.140,4 \text{ mm}^2 \times 320 \text{ N/mm}^2 \times \left(586 \text{ mm} - \frac{40,8 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{n_R} = 206.386.841,2 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.**





Gambar 4. 17 Geser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 8000 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm} \right) \\ &= 7500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{206.386.841,2 \text{ Nmm} + 458.358.488 \text{ Nmm}}{7500 \text{ mm}} + 278.109,1 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 366.71,8 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned}\sqrt{f_c'} &< 8,3 \text{ Mpa} \\ \sqrt{30} \text{ mpa} &< 8,3 \text{ Mpa} \\ 5,4 \text{ Mpa} &< 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})\end{aligned}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 350 \text{ mm} \times 586 \text{ mm}$$

$$V_c = 187.229,8 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 350 \text{ mm} \times 586 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 68.366,7 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 586 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 374.459,6 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 374.459,6 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 748.919,3 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 366.741,8 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \times \varphi \times V_c \\ 366.71,8 \text{ N} &\geq 79.572,7 \text{ N} \end{aligned}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} 0,5 \times \varphi \times V_c &\leq V_u \leq \varphi \times V_c \\ 79.572,7 \text{ N} &\leq 366.71,8 \text{ N} \geq 159.145,3 \text{ N} \end{aligned}$$

(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} \varphi \times V_c &\leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{\min}}) \\ 159.145,3 \text{ N} &\leq 366.71,8 \text{ N} \geq 217.257 \text{ N} \end{aligned}$$

(Tidak Memenuhi)

4. Kondisi Geser 4 → Perlu tulangan geser

$$\begin{aligned} \varphi (V_c + V_{s_{\min}}) &\leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{\max}}) \\ 217.257 \text{ N} &\leq 366.71,8 \text{ N} \leq 795.726 \text{ N} \end{aligned}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4, yaitu memerlukan tulangan geser.

Beban gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser:

$$V_{\text{perlu}} = \frac{V_u}{\varphi} - V_c$$

$$= \frac{366.741,8 \text{ N}}{0,75} - 187.229,8 \text{ N}$$

$$= 244.231,1 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2$$

$$A_v = 265,5 \text{ mm}^2$$

Spasi perlu tulangan :

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{smin}}$$

$$s = \frac{265,5 \times 320 \times 586}{68.716,6}$$

$$s = 203,8 \text{ mm}$$

Dipakai S = 100 mm

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/4$$

$$= 586 \text{ mm}/4$$

$$= 146,5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$A_{vmin} = \frac{V_{sperlu} \times s}{f_y \times d}$$

$$A_{vmin} = \frac{244.231,1 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{586 \text{ mm} \times 400 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{vmin} = 130,2 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser perlu ditambah dengan luasan tulangan puntir dan disalurkan menjadi sengkang tertutup.

Pengaruh momen puntir :

$$\frac{A_t}{s} = 0,52 \text{ mm}$$

Maka,

$$\begin{aligned} A_t &= 0,52 \text{ mm} \times s \\ &= 0,52 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 52,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas gabungan :

$$\begin{aligned} A_v + 2A_t &= 130,2 \text{ mm}^2 + (2 \times 52,6) \text{ mm}^2 \\ &= 235,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{v\text{pakai}} &> A_{v\text{perlu}} \\ 265,5 \text{ mm}^2 &> 235,5 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{\text{pakai}} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 586/4 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 146,5 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$

$$\begin{aligned}
 100 \text{ mm} &< 24 \times 13 \text{ mm} \\
 100 \text{ mm} &< 312 \text{ mm} && \textbf{(Memenuhi)} \\
 \text{d. } S_{\text{pakai}} &< 300 \text{ mm} \\
 100 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} && \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser (sengkan) Ø13-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5Ln} \\
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln} \\
 V_{u2} &= \frac{366.741,8 \text{ N} \times (3.750\text{mm} - 1300 \text{ mm})}{3.750 \text{ mm}} \\
 V_{u2} &= 239.604.650 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \times \varphi \times V_c \\
 239.604.650 \text{ N} &\geq 79.572,7 \text{ N} \\
 \textbf{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned}
 0,5 \times \varphi \times V_c &\leq V_u \leq \varphi \times V_c \\
 79.572,7 \text{ N} &\leq 239.604.650 \text{ N} \geq 159.145,3 \text{ N} \\
 \textbf{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

3. Kondisi Geser 3 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned}
 \varphi \times V_c &\leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{s_{\min}}) \\
 159.145,3 \text{ N} &\leq 239.604.650 \text{ N} \geq 217.257 \text{ N} \\
 \textbf{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

4. Kondisi Geser 4 → Perlu tulangan geser

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

$$217.257 \text{ N} \leq 239.604.650 \text{ N} \leq 795.726 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4, yaitu memerlukan tulangan geser.

Beban gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser:

$$V_{\text{perlu}} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{239.604.650 \text{ N}}{0,75} - 187.229,8 \text{ N}$$

$$= 94.657.995 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D13 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2$$

$$A_v = 265,5 \text{ mm}^2$$

Spasi perlu tulangan:

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s_{\min}}}$$

$$s = \frac{265,5 \times 320 \times 586}{68.366,7}$$

$$s = 203,8 \text{ mm}$$

Dipakai S = 150 mm

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$= 586 \text{ mm}/2$$

$$= 293 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$A_{v_{\min}} = \frac{V_{\text{perlu}} \times s}{f_y \times d}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{94.657.995 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{586 \text{ mm} \times 320 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{v_{\min}} = 75,72 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser perlu ditambah dengan luasan tulangan puntir dan disalurkan menjadi sengkang tertutup.

Pengaruh momen puntir :

$$\frac{A_t}{s} = 0,52 \text{ mm}$$

Maka,

$$\begin{aligned} A_t &= 0,52 \text{ mm} \times s \\ &= 0,153 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 78,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas gabungan :

$$\begin{aligned} A_v + 2A_t &= 75,72 \text{ mm}^2 + (2 \times 78,9) \text{ mm}^2 \\ &= 233,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{pakai}}} &> A_{v_{\text{perlu}}} \\ 265,5 \text{ mm}^2 &> 233,6 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- d/2
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

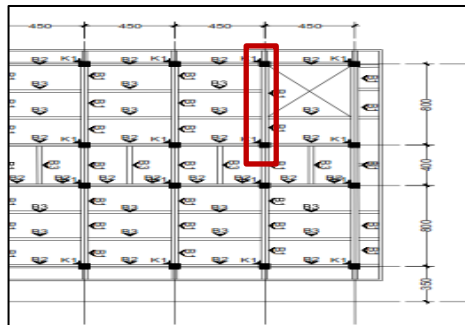
(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- a. $S_{pakai} < d/2$
 $150 \text{ mm} < 586/2 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 293 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $150 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 176 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $150 \text{ mm} < 24 \times 13 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 312 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) D13-150 mm pada daerah lapangan.

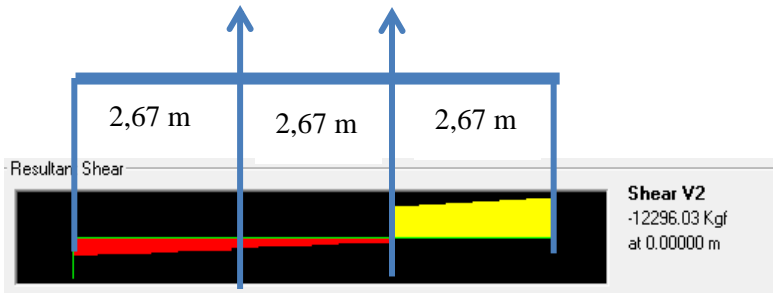
Cek Gaya Geser Balok Induk Terhadap Balok Anak



Gambar 4. 18 Denah Balok Induk yang Ditinjau terhadap Balok Anak

Bentuk momen balok yang ada balok anak :

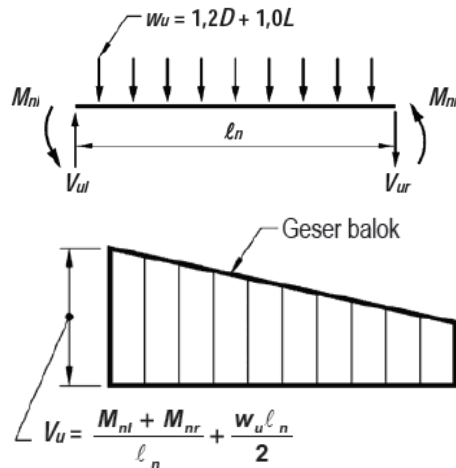
Kombinasi : 1,2D-1EX-0,3EY+L



Gambar 4. 19 Diagram Gaya Balok Induk Terhadap Balok Anak

Pada sejarak 2,67 m dan 5,34 terdapat balok anak. Pada sejarak ini, maka geser yang dipakai adalah geser lapangan.

Dalam merencanakan geser dalam SRPMM sesuai SNI 2847-2012 pasal 21.3



Dimana nilai V_{u2} dilapangan

$$\frac{V_{u2}}{0,5\ell_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5\ell_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{366.741,8 \text{ N} \times (3.750 \text{ mm} - 1300 \text{ mm})}{3.750 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 239.604,650 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan, nilai V_u di lapangan = 239.604,65 N

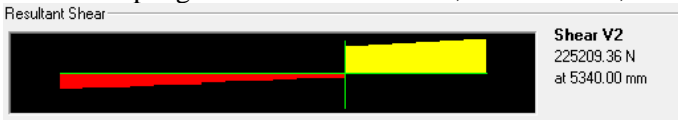
Nilai V_u lapangan akibat balok anak bentang 2,67 = 67.361,7 N



$V_u \text{ rencana} > V_u \text{ perlu}$

239.604,65 N > 67.361,7 N **(Memenuhi)**

Nilai V_u lapangan akibat balok anak 5,34 = 225.209,36 N



$V_u \text{ rencana} > V_u \text{ perlu}$

239.604,65 N > 225.209,36 N **(Memenuhi)**

Maka dapat disimpulkan bahwa perencanaan geser balok induk terhadap balok anak memenuhi.

**Pengecekan manual balok induk terlampir pada bab lampiran*

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 1000 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$945 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{2.488,4 \text{ mm}^2}{2660,9 \text{ mm}^2} \times 945 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 715,5 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30} \text{ Nmm}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 385,6 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 378,4 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 385,6 \text{ mm}$
 Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{798,3 \text{ mm}^2}{1140,4 \text{ mm}^2} \times 385,6 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 269,9 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 385,6 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$= 176 \text{ mm}$$

Syarat :


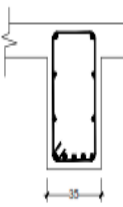
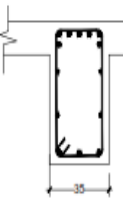
$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$400 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- Kesimpulan Penulangan

Tipe B 1.1			
Keterangan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Balok Induk Melintang 1			
Dimensi	350 x 650	350 x 650	350 x 650
Tul. Lentur Atas	7D22	2D22	7D22
Tul. Torsi	4D13	4D13	4D13
Tul. Lentur Bawah	3D22	5D22	3D22
Sengkang	D13-100	D13-150	D13-100

4.3.3.2 Balok Anak

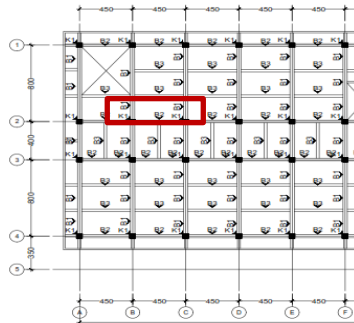
Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok anak dengan bentang 450 cm (250 x 350) mm As BC Joint 1-2 pada elevasi $\pm 4\text{m}$. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BA1
- Bentang balok (L) : 450 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 250 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 350 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Kuat leleh tulangan geser (f_y) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 16 mm
- Diameter tulangan geser (ϕ) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
- Faktor β_1 : 0,85
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Gambar Denah Perencanaan :



Gambar 4. 20 Denah Balok Anak yang Ditinjau Tipe BA1

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

$$d_x = h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}}$$

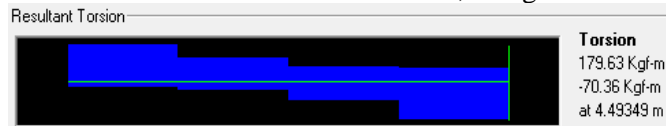
$$\begin{aligned}
 &= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \text{ mm} \\
 &= 292 \text{ mm} \\
 d'' &= \text{decking} + \phi_{\text{tulangan geser}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 16\right) \text{ mm} \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

➤ **Hasil Output Torsi**

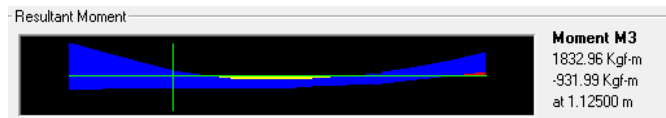
Kombinasi : Envelope
1,2D+1EX-0,3EY+L
Momen Puntir : 179,63 Kg-m



Gambar 4. 21 Diagram Gaya Torsi Balok Anak

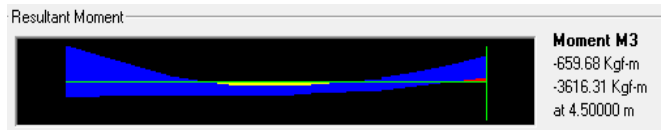
➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : Envelope
Momen Lentur Lapangan : 1.832,96 Kg-m
1,2D+1EX-0,3EY+L



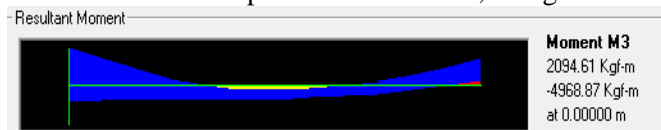
Gambar 4. 22 Diagram Gaya Momen Lentur Lapangan Balok Anak

Kombinasi : Envelope
1,2D+1EX-0,3EY+L
Momen Lentur Tumpuan Kanan : 3.616,31 Kg-m



Gambar 4. 23 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Anak

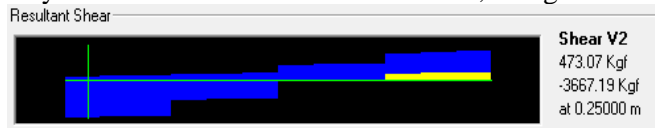
Kombinasi : Envelope
1,2D-1EX+0,3EY+L
Momen Lentur Tumpuan Kiri : 4.968,87 Kg-m



Gambar 4. 24 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kiri Balok Anak

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : Envelope
1,2D-1EX+0,3EY+L
Gaya Geser : 3.667,19 Kg-m



Gambar 4. 25 Diagram Gaya Geser Balok Anak

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 87.500 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (250 \text{ mm} + 350 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.200 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (250 \text{ mm} - 2.40 \text{ mm} - 10\text{mm}) \times (350 \text{ mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 41.600 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(250 \text{ mm} - 2.40 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) + (350 \text{ mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 840 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EX-0,3EY+L

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 1.796.300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{1.796.300 \text{ Nmm}}{0,75} = 2.395.066,67 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 Tu \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))} \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{87.500^2}{1.200} \right) \\
 &= 2.175.379 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 Tu \text{ max} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))} \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{87.500^2}{1.200} \right) \\
 &= 3.158.203 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < Tu \text{ min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > Tu \text{ min}$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$T_u < Tu \text{ min}$$

$$1.796.300 \text{ Nmm} < 2.175.379 \text{ Nmm}$$

(tulangan puntir minimum)

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6) berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

Dengan $A_o = 0,85 A_{oh}$ dan untuk beton non prategang

$$\phi = 45^\circ$$

Maka :

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 A_{oh} \\ &= 0,85 \times 41.600 \\ &= 35.360 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \text{Cot } \emptyset} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{2.395.066,67 \text{ Nmm}}{2 \times 35.360 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \text{Cot } 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,085 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \text{Cot}^2 \emptyset \\ A_l &= 0,23 \text{ mm} \times 840 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \text{Cot}^2 45 \end{aligned}$$

$$A_l = 71,12 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan (***SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3***) tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\ 0,085 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400} \end{aligned}$$

$$0,085 \text{ mm} \geq 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0.109 mm

Cek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{lmin} :

$$\begin{aligned} &\left(\frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 87.500 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,109 \text{ mm} \right) \times 840 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\ A_{lmin} &= 411,345 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$$A_{lperlu} \leq A_{lmin} \text{ Maka menggunakan } A_{lmin}$$

$A_{\text{perlu}} \geq A_{\text{min}}$ Maka menggunakan A_{perlu}

Maka :

$$A_{\text{perlu}} \leq A_{\text{min}}$$

$$71,12 \text{ mm}^2 \leq 411,345 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai A_{min} sebesar 393 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_t}{4} = \frac{411,345 \text{ mm}}{4} = 102,84 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $102,84 \text{ mm}^2$. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_t}{4} = 2 \times \frac{411,345 \text{ mm}}{4} = 205,67 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 13 mm pada tulangan puntir pada 2 sisi yaitu sisi kiri dan sisi kanan sejumlah :

$$n = \frac{A_t}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{205,67 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol $A_{\text{pasang}} > A_{\text{perlu}}$

$$A_{\text{pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{Luasan D puntir}$$

$$= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm}^2) \right)$$

$$= 265,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka } A_{\text{pasang}} > A_{\text{perlu}}$$

$$= 265,5 \text{ mm}^2 > 205,67 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2D16**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 292 \text{ mm}$$

$$= 175,2 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 175,2 \text{ mm}$$

$$= 131,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$= 58 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C_c' = 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C_c' = 812.812,500 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{812.812,500 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$A_{sc} = 2.032,03 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2.032,03 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,004$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,033$$

$$= 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,69$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EX-0,3EY+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 36.163.100 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{36.163.100 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 44.263.333,3 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 44.263.333,3 \text{ Nmm} - 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -145.343.290,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{44.263.333,3 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (292 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,88}{400}} \right)$$

$$= 0,005$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,005 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,005 \times 250 \times 292$$

$$= 255,5 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + A_l/4$$

$$\begin{aligned}
 &= 255,5 + 102,84 \\
 &= 358,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\
 &= \frac{358,33 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2} \\
 n &= 0,9 \approx 3 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tarik}} \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 603,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pasang}} &\geq As_{\text{perlu}} \\
 603,2 \text{ mm}^2 &\geq 358,33 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 As'_{\text{perlu}} &= 0,3 \times As_{\text{pasang}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\
 &= 0,3 \times 603,2 \text{ mm}^2 \\
 &= 180,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\
 &= \frac{180,9 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2} \\
 n &= 0,9 \approx 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned}
 As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\
 &= 402,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$402,1 \text{ mm}^2 \geq 180,9 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16 \text{ mm})}{3 - 1} \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$51 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/35 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen

negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 603,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 603,2 \text{ mm}^2 \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 201,06 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3D16} = 603,2 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{603,2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\ a &= 37,85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times \text{mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 37,85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 241.274,3 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 603,2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 241.274,3 \text{ N}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a_v}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(226.822,9 \text{ N} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{37,85 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 65.886.351,5 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,8 \times 65.886.351,5 \text{ Nmm} > 36.163.100 \text{ Nmm}$$

$$52.709.081,2 \text{ Nmm} > 36.163.100 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/35 dengan bentang 450 cm untuk daerah tumpuan kanan adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D-1EX+0,3EY+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 55.438.800 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{49.688.700 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 55.209.666,7 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 55.209.666,7 \text{ Nmm} - 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -130.314.786.46 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{55.209.666,7 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (292 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,59}{400}} \right)$$

$$= 0,007$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,007 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,007 \times 250 \times 95$$

$$= 499,21 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 499,21 + 102,84 \\ &= 602,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{602,3 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2} \\ n &= 2,9 \approx 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 3D16

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 603,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &\geq A_{s_{\text{perlu}}} \\ 603,12 \text{ mm}^2 &\geq 602,3 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\ &= 0,3 \times 603,12 \text{ mm}^2 \\ &= 180,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s'_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{180,9 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2} \\ n &= 0,9 \approx 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \end{aligned}$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 180,9 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{3 - 1} \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$51 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/35 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 603,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 603,2 \text{ mm}^2 \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 201,06 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik : 3D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s\text{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3D16} = 603,2 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{603,2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$a = 37,85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times fc' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times \text{mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 37,85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 241.274,3 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 603,2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 241.274,3 \text{ N}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(226.822,9 \text{ N} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{37,85 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 65.886.351,5 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,8 \times 65.886.351,5 \text{ Nmm} > 36.163.100 \text{ Nmm}$$

$$52.709.081,2 \text{ Nmm} > 36.163.100 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/35 dengan bentang 450 cm untuk daerah tumpuan kiri adalah :

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok anak menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EX-0,3EY+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 18.329.600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{18.329.600 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 20.366.222,2 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 20.366.222,2 \text{ Nmm} - 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -165.158.230,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{20.366.222,2 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (292 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,95}{400}} \right)$$

$$= 0,002$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,002 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\text{Maka } \rho \text{ diperbesar } 30\% = 1,3 \times 0,002 = 0,003$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,003 \times 250 \times 292$$

$$= 231,09 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 231,09 + 102,84 \\ &= 333,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{333,92 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2} \\ n &= 1,6 \approx 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= 567,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &\geq A_{s_{\text{perlu}}} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 333,92 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1}) \\ &= 0,3 \times 402,12 \text{ mm}^2 \\ &= 120,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s'_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{120,64 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2} \\ n &= 0,6 \approx 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan **2D16**

$$A_{s'_{\text{pasang}}} = n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 120,64 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok anak 25/35 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 402,12 \text{ mm}^2$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 134,04 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 2D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{2D16} = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 25,23 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 25,23 \text{ mm}$$

$$Cc' = 160.849,54 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 160.849,54 \text{ N}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(160.849,54 \text{ N} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{25,23 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 44.938.845,18 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,8 \times 44.938.845,18 \text{ Nmm} > 18.329.600 \text{ Nmm}$$

$$35.951.076,14 \text{ Nmm} > 18.329.600 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok anak 25/35 dengan bentang 450cm untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **2D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya

terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi Envelope 1,2D-1EX+0,3EY+L yaitu $V_u = 35.566,25 \text{ N}$.

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 603,19 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 402,12 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 15,14 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(292 \text{ mm} - \frac{15,14 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 27.450.320,9 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 22,71 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 603,19 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{22,71 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 40.627.590,6 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$A_s = 603,19 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 402,12 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 22,7 \text{ mm}$$

$$M_{n_l} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{n_l} = 603,19 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{22,7 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{n_l} = 40.627.590,6 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 400 \text{ mm}}$$

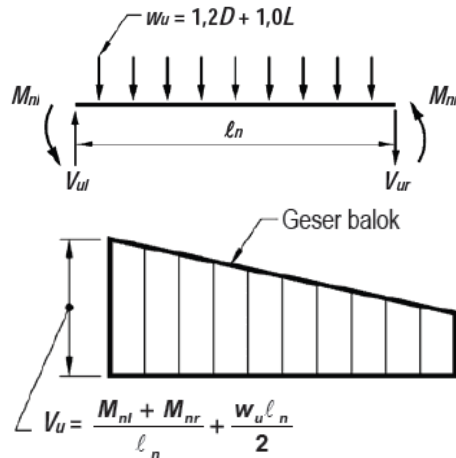
$$a = 15,14 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{n_R} = 603,18 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{15,14 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{n_R} = 27.450.320,3 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.**



Gambar 4. 26 Geser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 4500 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm} \right) \\ &= 4000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{27.450.320,3 \text{ Nmm} + 40.627.590,6 \text{ Nmm}}{4000 \text{ mm}} + 35.566,25 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 52.585,74 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,4 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250 \text{ mm} \times 292 \text{ mm}$$

$$V_c = 66.639,6 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 292 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 24.333,3 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 292 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 133.279,15 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 133.279,15 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 266.558,3 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 52.585,74 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$52.585,74 \text{ N} \geq 28.321,8 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$28.321,8 \text{ N} \leq 52.585,74 \text{ N} \leq 56.643,6 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan geser minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\max} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = d/2$$

$$= 292 \text{ mm}/2$$

$$= 146 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} S &\leq S_{maks} \\ 100 \text{ mm} &\leq 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$\begin{aligned} A_{vmin} &= \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{250 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ N/mm}^2} \\ &= 34,72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ A_v &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{v \text{ pakai}} &> A_{v \text{ min}} \\ 157,08 \text{ mm}^2 &> 34,72 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a. $d/4$

- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- a. $S_{\text{pakai}} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 192/4 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 146 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 128 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{52.585,74 \text{ N} \times ((0,5 \times 4500) \text{ mm} - (2 \times 350) \text{ mm})}{(0,5 \times 4500) \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 34.180,7 \text{ N}$$

Cek kondisi :

- 1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser
 $V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$

$$34.180,7 \text{ N} \geq 28.321,8 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$28.321,8 \text{ N} \leq 34.180,7 \text{ N} \leq 56.643,6 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok anak menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan geser minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$= 292 \text{ mm}/2$$

$$= 146 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 125 mm

Kontrol :

$$S \leq S_{\text{maks}}$$

$$125 \text{ mm} \leq 146 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v\text{min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 43,4 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{v_{\text{pakai}}} > A_{v_{\text{min}}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 43,4 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{\text{pakai}} < d/2$
 $125 \text{ mm} < 292/2 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 146 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$
 $125 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 128 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$
 $125 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø-125mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 556,4 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$556,4 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{602,3 \text{ mm}^2}{603,2 \text{ mm}^2} \times 556,4 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 555,6 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 280,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 280,4 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{180,9 \text{ mm}^2}{402,12 \text{ mm}^2} \times 280,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 126,2 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 280,4 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 8d_b &= 8 \times 16 \text{ mm} \\ &= 128 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$300 \text{ mm} > 128 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- Kesimpulan Penulangan

Tipe BA			
Keterangan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Balok Anak			
Dimensi	250 x 350	250 x 350	250 x 350
Tul. Lentur Atas	3D16	2D16	3D16
Tul. Torsi	2D13	4D13	2D13
Tul. Lentur Bawah	2D16	2D16	2D16
Sengkang	Ø10-100	Ø10-125	Ø10-100

4.3.3.3 Balok Kantilever

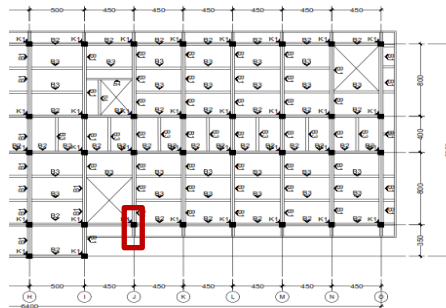
Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok anak dengan bentang 137 cm (250 x 350) mm As J Joint 4-5 pada elevasi ± 4 m. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BK
- Bentang balok (L) : 137 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 250 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 350 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 16 mm
- Diameter tulangan geser (ϕ) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
- Faktor β_1 : 0,85
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Gambar Denah Perencanaan :



Gambar 4. 27 Denah Balok Kantilever yang Ditinjau Tipe BK

Perhitungan Tulangan Balok :

- Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} dx &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 16 \right) \text{ mm} \\ &= 292 \text{ mm} \end{aligned}$$

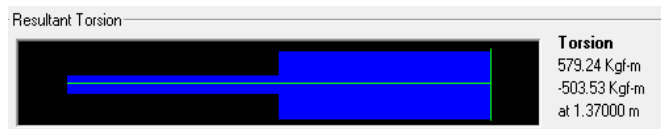
$$\begin{aligned} d'' &= \text{decking} + \phi_{\text{tulangan geser}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 16 \right) \text{ mm} \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

➤ **Hasil Output Torsi**

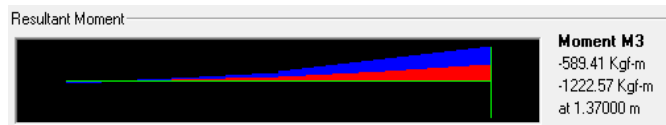
Kombinasi : Envelope
1,2D+1EX+0,3EY+L
Momen Puntir : 579,24 Kg-m



Gambar 4. 28 Diagram Gaya Torsi Balok Kantilever

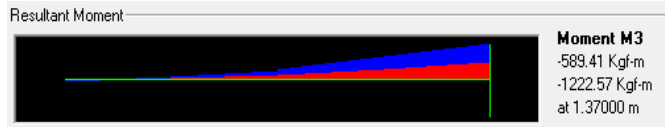
➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : Envelope
1,2D+1EY+0,3EX+L
Momen Lentur Tumpuan Kanan : 1.222,57 Kg-m



Gambar 4. 29 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Kantilever

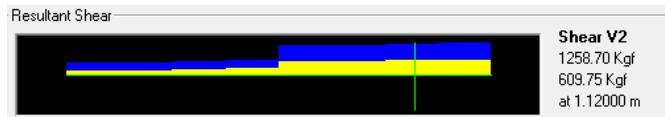
Kombinasi : Envelope
 1,2D+1EY+0,3EX+L
 Momen Lentur Tumpuan Kiri : 1.222,57 Kg-m



Gambar 4. 30 Diagram Gaya Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Kantilever

➤ Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : Envelope
 1,2D+1EY+0,3EX+L
 Gaya Geser : 1.258,7 Kg-m



Gambar 4. 31 Diagram Gaya Geser Balok Kantilever

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 87.500 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (250 \text{ mm} + 350 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.200 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (250 \text{ mm} - 2.40 \text{ mm} - 10\text{mm}) \times (350\text{mm} - 2.40 \text{ mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 41.600 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(250\text{mm} - 2.40 \text{ mm} - 10\text{mm}) + (350 \text{ mm} - 2.40 \text{ mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 840 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EX+0,3EY+L

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 5.792.400 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{5.792.400 \text{ Nmm}}{0,75} = 7.723.200 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$\begin{aligned} T_{u \text{ min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))} \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{87.500^2}{1.200} \right) \\ &= 2.175.379 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 Tu_{\max} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))} \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{87.500^2}{1.200} \right) \\
 &= 3.158.203 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu_{\min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu_{\min}$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu > Tu_{\min}$$

$$5.792.400 \text{ Nmm} > 2.175.379 \text{ Nmm}$$

(tulangan puntir diperhitungkan)

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7) direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6) berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

Dengan $A_o = 0,85 A_{oh}$ dan untuk beton non prategang $\phi = 45^\circ$

Maka :

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,85 A_{oh} \\
 &= 0,85 \times 41.600 \\
 &= 35.360
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi} \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{7.723.200 \text{ Nmm}}{2 \times 35.360 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,273 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0,273 \text{ mm} \times 840 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 229,3 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3) tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,273 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400}$$

$$0,273 \text{ mm} \geq 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,273 mm

Cek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f'_c} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times Ph \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{lmin} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{30} \text{ Mpa} \times 87.500 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,273 \text{ mm} \right) \times 840 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 273,88 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}} \text{ Maka menggunakan } A_{l\text{min}}$$

$$A_{l\text{perlu}} \geq A_{l\text{min}} \text{ Maka menggunakan } A_{l\text{perlu}}$$

Maka :

$$A_{l\text{perlu}} \leq A_{l\text{min}}$$

$$229,3 \text{ mm}^2 \leq 273,88 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai A_l min sebesar 273,88 mm^2

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{273,88 \text{ mm}}{4} = 68,47 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 264,31 mm. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times \frac{273,88 \text{ mm}}{4} = 136,9 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 13 mm pada tulangan puntir pada 2 sisi yaitu sisi kiri dan sisi kanan sejumlah :

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{136,9 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,03 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol $A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu}$

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (13 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } &= A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu} \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 > 200,96 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2D13**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600+400} \times 292 \text{ mm}$$

$$= 175,2 \text{ mm}$$

Garis Netral Maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 175,2 \text{ mm}$$

$$= 131,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$= 58 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C_c' = 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C_c' = 812.812,500 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{812.812,500 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{sc} = 2.032,03 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2.032,03 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,004\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,024\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{f_y}{0,85 \times 30} \\ &= 15,69\end{aligned}$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan balok kantilever menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EY+0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 12.225.700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ M_n &= \frac{12.225.700 \text{ Nmm}}{0,9}\end{aligned}$$

$$M_n = 13.584.111,1 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 13.584.111,1 \text{ Nmm} - 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -171.940.342 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{13.584.111,1 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (292 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,63}{400}} \right)$$

$$= 0,0016$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,0016 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

$$\text{Maka } \rho \text{ diperbesar } 30\% = 1,3 \times 0,0016 = 0,002$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,002 \times 250 \times 292$$

$$= 153,13 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + A_l/4$$

$$= 153,13 + 68,47$$

$$= 221,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D16** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{221,6 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,1 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2D16

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tulangan tarik}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 221,6 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{s' \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ pasang}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1})$$

$$= 0,3 \times 402,12 \text{ mm}^2$$

$$= 120,6 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{120,6 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tulangan tekan}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s' \text{ pasang}} \geq A_{s' \text{ perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 120,6 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang**Syarat :**

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118\text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{maks} &\geq S_{sejajar} \\ 118\text{ mm} &\geq 25\text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)} \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118\text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{maks} &\geq S_{sejajar} \\ 118\text{ mm} &\geq 25\text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok kantilever 25/35 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan \text{ tarik}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan \text{ tekan}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lentur \text{ tumpuan}}(+) &\geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-) \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 402,12 \text{ mm}^2 \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 134,04 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 2D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{2D16} = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\ a &= 25,23 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times \text{mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 25,23 \text{ mm}$$

$$Cc' = 160.849,5 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 160.849,5 \text{ N}$$

$$M_n = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(160.849,5 \text{ N} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{25,23 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 44.938.845,18 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{rcl} \theta M_{n_{\text{pasang}}} & > & M_u \\ 0,8 \times 44.938.845,18 \text{ Nmm} & > & 12.225.700 \text{ Nmm} \\ 35.951.076,14 \text{ Nmm} & > & 12.225.700 \text{ Nmm} \\ & & \textbf{(Memenuhi)} \end{array}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok kantilever 25/35 dengan bentang 137 cm untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **2D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan balok kantilever menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EY+0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 12.225.700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{12.225.700 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 13.584.111,1 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 13.584.111,1 \text{ Nmm} - 185.524.453,12 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -171.940.342 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{13.584.111,1 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \times (292 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,63}{400}} \right)$$

$$= 0,0016$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,0016 < 0,024 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

$$\text{Maka } \rho \text{ diperbesar } 30\% = 1,3 \times 0,0016 = 0,002$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,002 \times 250 \times 292$$

$$= 153,13 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + A_l/4$$

$$= 153,13 + 68,47$$

$$= 221,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D16** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$n = \frac{221,6 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,1 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **2D16**

$$A_{s \text{ pasang}} = n \times A_{s \text{ tulangan tarik}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 221,6 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{s' \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ pasang}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1})$$

$$= 0,3 \times 402,12 \text{ mm}^2$$

$$= 120,6 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{A_{s' \text{ tulangan}}}$$

$$n = \frac{120,6 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 16 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D19**

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \times A_{s' \text{ tulangan tekan}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s' \text{ pasang}} \geq A_{s' \text{ perlu}}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 120,6 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118\text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$118\text{ mm} \geq 25\text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118\text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$118\text{ mm} \geq 25\text{ mm} \quad \text{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok kantilever 25/35 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 402,12 \text{ mm}^2 \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 134,04 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik : 2D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{2D16} = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ a &= \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}} \\ a &= 25,23 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ Cc' &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 25,23 \text{ mm} \\ Cc' &= 160.849,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 160.849,5 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(160.849,5 \text{ N} \times \left(292 \text{ mm} - \frac{25,23 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 44.938.845,18 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{rcl} \phi M_{n_{\text{pasang}}} & > & M_u \\ 0,8 \times 44.938.845,18 \text{ Nmm} & > & 12.225.700 \text{ Nmm} \\ 35.951.076,14 \text{ Nmm} & > & 12.225.700 \text{ Nmm} \\ & & \textbf{(Memenuhi)} \end{array}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok kantilever 25/35 dengan bentang 137 cm untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **2D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi Envelope 1,2D+1EY+0,3EX+L yaitu $V_u = 12.335,26 \text{ N}$.

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$As' = 402,12 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 15,14 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(292 \text{ mm} - \frac{15,14 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 27.450.320,3 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 15,14 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(292 \text{ mm} - \frac{15,14 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_R = 27.450.320,3 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$As' = 402,12 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 15,14 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(292 \text{ mm} - \frac{15,14 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_l = 27.450.320,3 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm}}$$

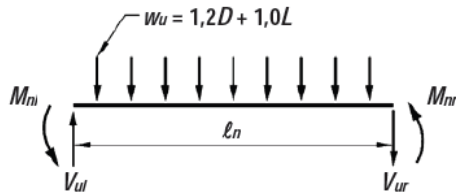
$$a = 15,14 \text{ mm}$$

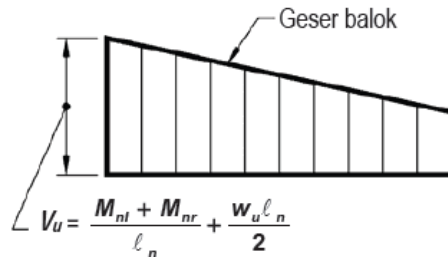
$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 402,12 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(292 \text{ mm} - \frac{15,14 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 27.450.320,3 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.





Gambar 4. 32 Geser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\
 &= 1370 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm} \right) \\
 &= 870 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{27.450.320,3 \text{ Nmm} + 27.450.320,3 \text{ Nmm}}{870 \text{ mm}} + 12.335,26 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 75.439,4 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\begin{aligned}\sqrt{f_c'} &< 8,3 \text{ Mpa} \\ \sqrt{30} \text{ mpa} &< 8,3 \text{ Mpa} \\ 5,4 \text{ Mpa} &< 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{Memenuhi syarat SNI})\end{aligned}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\ V_c &= 66.639,6 \text{ N}\end{aligned}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\ V_{s_{\min}} &= 24.333,3 \text{ N} \\ V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 292 \text{ mm} \\ V_{s_{\max}} &= 133.279,15 \text{ N}\end{aligned}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 133.279,15 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 266.558,3 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 75.439,4 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$75.439,4 \text{ N} \geq 28.321,8 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$28.321,8 \text{ N} \leq 75.439,4 \text{ N} \geq 56.643,6 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

$$56.643,6 \text{ N} \leq 75.439,4 \text{ N} \leq 77.326,9 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3, yaitu memerlukan tulangan geser.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$= 292 \text{ mm}/2$$

$$= 146 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 125 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} S &\leq S_{maks} \\ 125 \text{ mm} &\leq 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$\begin{aligned} A_{vmin} &= \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{250 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ N/mm}^2} \\ &= 34,72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ A_v &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{vpakai} &> A_{vmin} \\ 157,08 \text{ mm}^2 &> 34,72 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

a. $d/4$

- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- a. $S_{\text{pakai}} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 192/4 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 146 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 128 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{52.585,74 \text{ N} \times ((0,5 \times 1300) \text{ mm} - (2 \times 350) \text{ mm})}{(0,5 \times 1300) \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = -45.967,4 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$- 45.967,4 \text{ N} \geq 28.321,8 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 1, yaitu memerlukan tulangan geser minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$= 292 \text{ mm}/2$$

$$= 146 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol :

$$S \leq S_{\text{maks}}$$

$$100 \text{ mm} \leq 146 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v\text{min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 43,4 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{v_{pakai}} > A_{v_{min}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 43,4 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{pakai} < d/2$
 $100 \text{ mm} < 292/2 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 146 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 128 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$
- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-100 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

- Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

- l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik
 d_b = Diameter tulangan
 Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1
 Ψ_e = Faktor pelapis = 1
 λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 556,4 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$556,4 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{221,6 \text{ mm}^2}{402,12 \text{ mm}^2} \times 556,4 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 306,6 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30} \text{ Nmm}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 280,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 280,4 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{120,6 \text{ mm}^2}{402,12 \text{ mm}^2} \times 280,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 84,13 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 280,4 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 16 \text{ mm}$$

$$= 128 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$300 \text{ mm} > 128 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- Kesimpulan Penulangan :

Tipe BK			
Keterangan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Balok Kantilever			

Tipe BK			
Keterangan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Dimensi	250 x 350	250 x 350	250 x 350
Tul. Lentur Atas	2D16	2D16	2D16
Tul. Torsi	2D13	2D13	2D13
Tul. Lentur Bawah	2D16	2D16	2D16
Sengkang	Ø10-100	Ø10-125	Ø10-100

4.3.4 Sloof

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok induk B1 350 mm x 650 mm As I Joint 1-2 pada elevasi ± 0 m. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

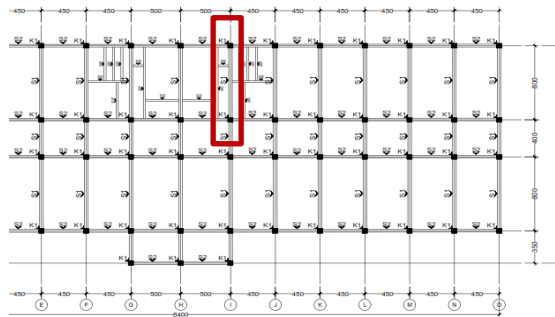
Data-data perencanaan :

- Tipe sloof : SL1
 - Bentang sloof (L) : 8000 mm
 - Dimensi sloof (B_{sloof}) : 350 mm
 - Dimensi balok (H_{sloof}) : 650 mm
 - Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
 - Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
 - Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
 - Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
 - Diameter tulangan geser (\emptyset) : 10 mm
 - Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
 - Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)**
- Tebal selimut beton (decking) : 50 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))**
- Faktor β_1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Gambar denah perencanaan :



Gambar 4. 33 Denah Sloof yang Ditinjau Tipe S1.1

Perhitungan Tulangan Sloof :

- Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} dx &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 19 \right) \text{ mm} \\ &= 580,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= \text{decking} + \phi_{\text{tulangan geser}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 19 \right) \text{ mm} \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

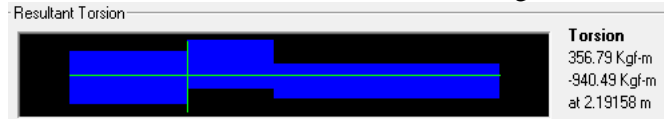
Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu

struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan sloof.

➤ **Hasil Output Torsi**

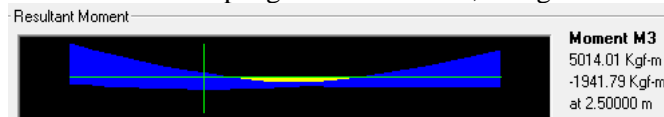
Kombinasi : Envelope
 $1,2D-1EX+0,3EY+L$
 Momen Puntir : 940,49 Kg-m



Gambar 4. 34 Digram Gaya Torsi Sloof 1 Melintang

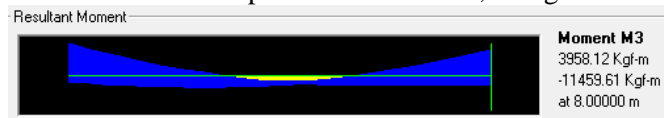
➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : Envelope
 $1,2D-1EY-0,3EX+L$
 Momen Lentur Lapangan : 5.014,01 Kg-m



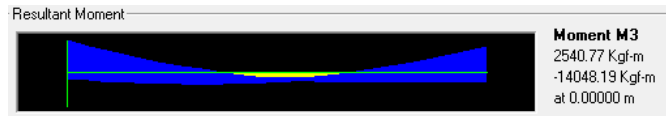
Gambar 4. 35 Digram Momen Lentur Lapangan Sloof 1 Melintang

Kombinasi : Envelope
 $1,2D-1EY-0,3EX+L$
 Momen Lentur Tumpuan kanan: 11.459,61 Kg-m



Gambar 4. 36 Digram Momen Lentur Tumpuan Kanan Sloof 1 Melintang

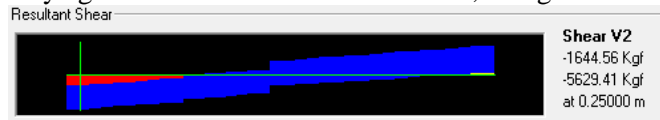
Kombinasi : Envelope
 $1,2D+1EY-0,3EX+L$
 Momen Lentur Tumpuan kiri : 14.048,19 Kg-m



Gambar 4. 37 Digram Momen Lentur Tumpuan Kanan Sloof 1 Melintang

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : Envelope
1,2D+1EY-0,3EX+L
Gaya geser : 5.629,41 Kg



Gambar 4. 38 Digram Gaya Geser Sloof 1 Melintang

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{sloof} \times h_{sloof}$$

$$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 227.500 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{sloof} + h_{sloof})$$

$$P_{cp} = 2 \times (350 \text{ mm} + 650 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 2.000 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (350 \text{ mm} - 2.50 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \times (650 \text{ mm} - 2.50 \text{ mm} - 10 \text{ mm})$$

$$A_{oh} = 129.600 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{sloof} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{sloof} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(350\text{mm} - 2.50\text{mm} - 10\text{mm}) + (650\text{mm} - 2.50\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1.560 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D-1EX+0,3EY+L

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 9.404.900 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{9.404.900 \text{ Nmm}}{0,75} = 12.539.866,7 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a)})$$

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{227.500^2}{2.000} \right)$$

$$= 8.823.335 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$T_u \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a)})$$

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{227500^2}{2000} \right)$$

$$= 12.809.672 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < T_{u \min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u \min}$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$T_u > T_{u \min}$$

$$9.404.900 > 8.823.335$$

(tulangan puntir diabaikan, karena ditahan oleh tekanan tanah)

Jadi, penampang balok tidak memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang dan sengkang tertutup.

Perhitungan Tulangan Lentur :Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 19 \text{ mm} \\ &= 348,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 348,3 \text{ mm} \\ &= 261,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{\text{rencana}}$$

$$C'_c = 0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350\text{mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C'_c = 1.137.937,5 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1137937,5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$Asc = 2.844,08 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$Mnc = 2844,08 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150\text{mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 588.029.203,1 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,004$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,033$$

$$= 0,024$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,69$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan sloof menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D-1EY-0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 114.596.100 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{114.596.100}{0,9}$$

$$M_n = 127.329.000 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 127.329.000 \text{ Nmm} - 588.029.203,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -460.700.203 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{127.329.000 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (580,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,1}{400}} \right)$$

$$= 0,003$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,003 < 0,024 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

$$\text{Maka } \rho \text{ diperbesar } 30\% = 1,3 \times 0,003 = 0,0036$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 350 \times 580,5$$

$$= 728,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{728,6 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 19 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,5 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **3D19**

$$A_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tarik}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 850,6 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$850,6 \text{ mm}^2 \geq 728,6 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{s'\text{perlu}} = 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \text{ (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)}$$

$$= 0,3 \times 850,6 \text{ mm}^2$$

$$= 255,2 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 22 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **3D19**

$$As'_{\text{pasang}} = n \times As_{\text{tulangan tekan}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,1 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$850,6 \text{ mm}^2 \geq 255,2 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$= 86,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$86,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$= 86,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$86,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 35/65 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 3D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D19**

$$A_{s_{\text{pasang}}} = n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 850,64 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan **3D19**

$$A_{s'_{\text{pasang}}} = n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 850,64 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$850,64 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 850,64 \text{ mm}^2$$

$$850,64 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D19

Tulangan tekan : 3D19

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$ tulangan tarik **3D19** = 850,64 mm²

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 38,12 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$C_c' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 38,12 \text{ mm}$$

$$C_c' = 340.234,5 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 850,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 340.234,5 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(340.234,5 \text{ N} \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{38,12 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 191.020.991,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \times 191.020.991,9 \text{ Nmm} > 114.596.100 \text{ Nmm}$$

$$152.816.793 \text{ Nmm} > 114.596.100 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 35/65 dengan bentang 800 cm untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D19**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri sloof menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D+1EY-0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 140.481.900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{140.481.900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 156.091.000 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 156.091.000 \text{ Nmm} - 588.029.203,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -431.938.203 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{156.091.000 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (580,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,3}{400}} \right)$$

$$= 0,0034$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,0034 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka ρ diperbesar 30%, $\rho = 1,3 \times 0,0034 = 0,0044$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,004 \times 350 \times 580,5$$

$$= 711,13 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{711,13 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 19 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,5 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **3D19**

$$A_{s_{\text{pasang}}} = n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 850,64 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s_{\text{pasang}}} \geq A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$850,64 \text{ mm}^2 \geq 711,13 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 0,3 \times A_{s_{\text{pasang}}} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1})$$

$$= 0,3 \times 850,64 \text{ mm}^2$$

$$= 255,2 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s'_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 19 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **3D19**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$850,64 \text{ mm}^2 \geq 255,2 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1} \\ &= 86,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$86,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 Lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{350\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19 \text{ mm})}{3 - 1} \\ &= 86,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$86,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 Lapis})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D19**

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tarik}}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **3D19**

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}(+) } &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)} \\ 850,64 \text{ mm}^2 &\geq \frac{1}{3} \times 850,64 \text{ mm}^2 \\ 850,64 \text{ mm}^2 &\geq 283,55 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan :

Tulangan tarik : 3D19

Tulangan tekan : 3D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3D19} = 850,64 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 38,12 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$C_c' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 38,12 \text{ mm}$$

$$C_c' = 340.234,5 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 850,64 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 340.234,5 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(340.234,5 \text{ N} \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{38,12 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 191.020.991,9 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot M_{n_{\text{pasang}}} > M_u$$

$$0,8 \times 191.020.991,9 \text{ Nmm} > 140.481.900 \text{ Nmm}$$

$$152.816.793,5 \text{ Nmm} > 140.481.900 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 35/65 dengan bentang 800 cm untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **3D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan sloof menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope 1,2D-1EY-0,3EX+L

Momen lentur ultimate

$$M_u = 50.140.100 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{50.140.100 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 55.711.222,2 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 55.711.222,2 \text{ Nmm} - 588.029.203,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -532.317.980,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{55.711.222,2 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times (580,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.0,47}{400}} \right)$$

$$= 0,0012$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,004 < 0,0012 < 0,024 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka ρ diperbesar 30%, $\rho = 1,3 \times 0,0012 = 0,0015$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0015 \times 350 \times 580,5$$

$$= 314,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{314,8 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 19 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,1 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **2D19**

$$A_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tarik}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,1 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$567,1 \text{ mm}^2 \geq 314,8 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{s'\text{perlu}} = 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \text{ (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)}$$

$$= 0,3 \times 567,1 \text{ mm}^2$$

$$= 170,1 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{170,1 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times 19 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D19**

$$As'_{\text{pasang}} = n \times As_{\text{tulangan tekan}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,1 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As_{\text{pasang}} \geq As_{\text{perlu}}$$

$$567,1 \text{ mm}^2 \geq 314,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 192 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$192 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 Lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{350 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 192 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$192 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 Lapis})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **2D19**

$$A_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tarik}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,1 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan **2D19**

$$A_{s'\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tekan}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,1 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$567,1 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 567,1 \text{ mm}^2$$

$$567,1 \text{ mm}^2 \geq 189 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 2D19

Tulangan tekan : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$ tulangan tarik **2D19** = 567,1 mm²

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{567,1 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 25,4 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$C_c' = 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 25,4 \text{ mm}$$

$$C_c' = 226.822,9 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 567,1 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 226.822,9 \text{ N}$$

$$M_n = \left(C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$M_n = \left(226.822,9 \text{ N} \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{25,4 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$M_n = 128.788.467,1 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \times 128.788.467,1 \text{ Nmm} > 50.140.100 \text{ Nmm}$$

$$103.030.733,7 \text{ Nmm} > 50.140.100 \text{ Nmm}$$

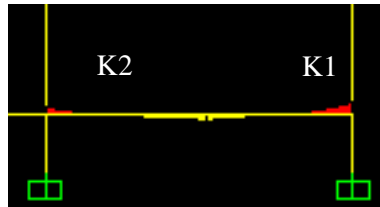
(Memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 35/65 dengan bentang 800 m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **2D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

Simulasi Penulangan Sloof



Kolom 1

Kombinasi : 1,2D+1,6L+0,5R

Gaya Aksial : 164.237,63 Kg

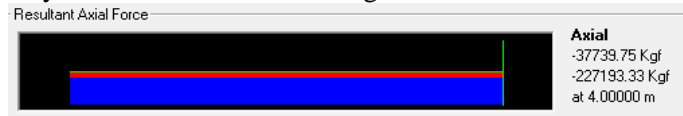


Gambar 4. 39 Gaya Aksial Kolom Sloof 1

Kolom 2

Kombinasi : 1,2D-1EX+0,3EY+L

Gaya Aksial : 227.193,3 Kg

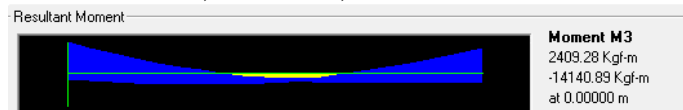


Gambar 4. 40 Gaya Aksial Kolom Sloof 2

Diambil nilai terbesar yaitu 227.193,3 Kg-m, 10% x Gaya Aksial = 22.719,3 Kg-m = 227,19 kN

M1 Tumpuan = 14.048,19 Kg-m = 140,4 kN

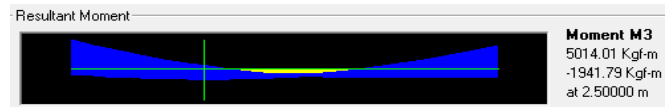
Kombinasi = 1,2D+1EY-0,3EX+L



Gambar 4. 41 Gaya Momen Tumpuan Sloof 1.1

M2 Lapangan = 5.014,01 Kg-m = 50,14 kN

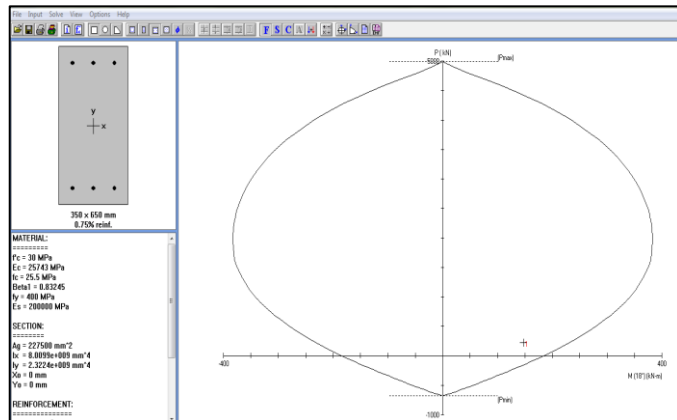
Kombinasi = 1,2D-1EY-0,3EX+L



Gambar 4. 42 Gaya Momen Lapangan Sloof 1.1

Direncanakan tulangan tumpuan : 3D19

Cek Pccol

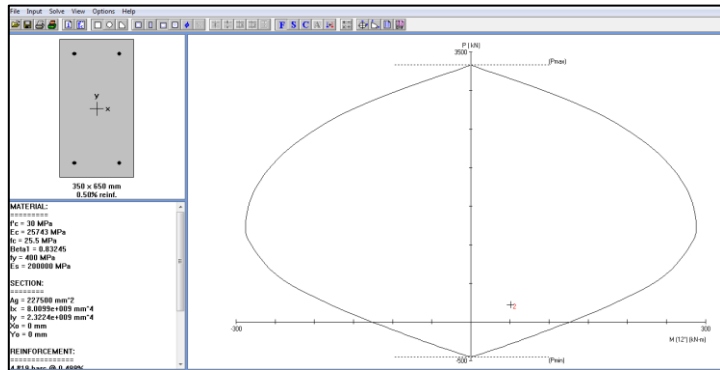


Gambar 4. 43 Cek PcaColoumn Penulangan Momen Tumpuan Sloof

Kesimpulan : Memenuhi

Direncanakan tulangan lapangan : 2D19

Cek Pccol



Gambar 4. 44 Cek PcaColoumn Penulangan Momen Lapangan Sloof

Kesimpulan : Memenuhi

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi Envelope 1,2D+1EY-0,3EX+L yaitu $V_u = 52.294,1 \text{ N}$.

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

1. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 850,64 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 850,64 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a = 22,8 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{22,8 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 116.169.025,4 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a = 22,8 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{22,8 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_R = 116.169.025,4 \text{ Nmm}$$

2. Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 850,64 \text{ mm}^2$$

$$As' = 850,64 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}}$$

$$a = 22,8 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{22,8 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 116.169.025,4 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 350 \text{ mm}}$$

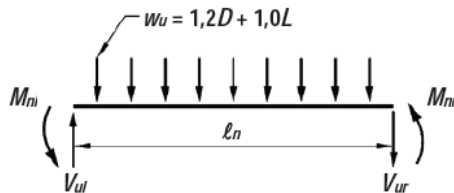
$$a = 22,8 \text{ mm}$$

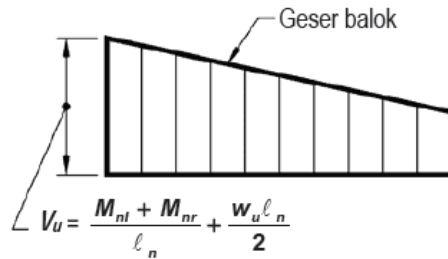
$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 850,64 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \times \left(580,5 \text{ mm} - \frac{22,8 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_R = 116.169.025,4 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.





Gambar 4. 45 Geser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\
 &= 8000 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm} \right) \\
 &= 7500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{116.169.025,4 \text{ Nmm} + 116.169.025,4 \text{ Nmm}}{7500 \text{ mm}} + 52.294,1 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 87.272,5 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,4 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 350 \text{ mm} \times 580,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 185.951.808 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 350 \text{ mm} \times 580,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 67.725 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 580,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 370.945,1 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 370.945,1 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 741.890,2 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Sloof

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah
yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Sloof

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 87.272,5 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$87.272,5 \text{ N} \geq 78.825,8 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi Geser 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$78.825,8 \text{ N} \leq 87.272,5 \text{ N} \leq 157.651,7 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan geser minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/4$$

$$= 580,5 \text{ mm}/4$$

$$= 145 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Kontrol :

$$S \leq S_{\text{maks}}$$

$$100 \text{ mm} \leq 145 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$\begin{aligned} A_{vmin} &= \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{350 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ N/mm}^2} \\ &= 48,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ A_v &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{vpakai} &> A_{vmin} \\ 157,08 \text{ mm}^2 &> 48,61 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

$$a. S_{pakai} < d/4$$

- $100 \text{ mm} < 580,5/4 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 145 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
 b. $S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
 c. $S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
 d. $S_{\text{pakai}} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) Ø10-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan sloof.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{87.272,5 \text{ N} \times ((0,5 \times 7500) \text{ mm} - (2 \times 650) \text{ mm})}{(0,5 \times 7500) \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 57.018 \text{ N}$$

Cek kondisi :

1. Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$57.018 \text{ N} \leq 78.825,3 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 1, yaitu memerlukan tulangan geser minimum.

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 580,5 \text{ mm}/2$$

$$= 290 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S \leq S_{maks}$$

$$150 \text{ mm} \leq 290 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$\begin{aligned} A_{vmin} &= \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{350 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ N/mm}^2} \\ &= 60,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{v\text{pakai}} > A_{vmin}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 60,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/2$
- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- a. $S_{pakai} < d/2$
 $150 \text{ mm} < 580,5/2 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 290 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $150 \text{ mm} < 8 \times 19 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $150 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-100mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

1. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 660,7 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$556,4 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{728 \text{ mm}^2}{850,64 \text{ mm}^2} \times 660,7 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 566 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

2. Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 333 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 326,8 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 333 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{255,2 \text{ mm}^2}{850,64 \text{ mm}^2} \times 333 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 99,9 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

3. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{30 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 333 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$= 152 \text{ mm}$$

Syarat :

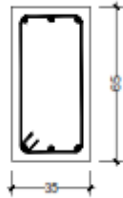
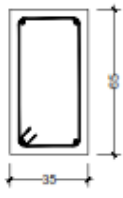

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$400 \text{ mm} > 152 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- Kesimpulan Penulangan

Tipe S 1.1			
Keterangan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Balok Kantilever			
Dimensi	350 x 650	350 x 650	350 x 650
Tul. Lentur Atas	3D19	2D19	3D19
Tul. Torsi	-	-	-
Tul. Lentur Bawah	3D19	2D19	3D19
Sengkang	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100

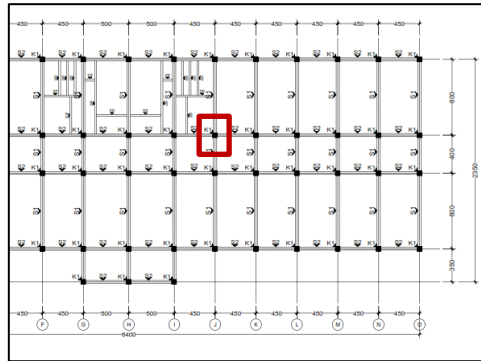
4.3.5 Kolom

Perhitungan tulangan kolom diambil dari data kolom K1 (500 x 500) mm As J joint 2 pada elevasi pada lantai as berdasarkan beban aksial ultimate terbesar (P_u) . Berikut adalah data-data perencanaan kolom, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K1
- Tinggi kolom : 4000 mm
- Dimensi balok (B_{kolom}) : 350 mm
- Dimensi balok (H_{kolom}) : 650 mm
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
- Faktor β_1 : 0,85
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 13.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,8
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Gambar Denah Perencanaan :



Gambar 4. 46 Denah Kolom yang Ditinjau Tipe K1

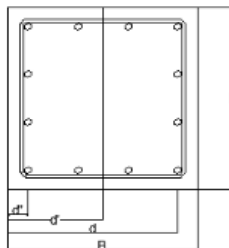
Perhitungan Tulangan Kolom :

Maka lebar efektif kolom :

$$\begin{aligned} dx &= b - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22) \text{ mm} \\ &= 436 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 22) \text{ mm} \\ &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} - \frac{1}{2} b \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22) \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 500) \text{ mm} \\ &= 208 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 47 Tinggi Efektif Kolom

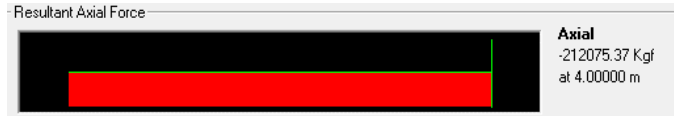
Hasil Output SAP 2000 :

Berdasarkan hasil output SAP 2000 frame didapatkan diagram analisa sebagai berikut.

➤ Hasil Output Aksial

Kombinasi : 1,2D + 1,6L + 0,5Lr

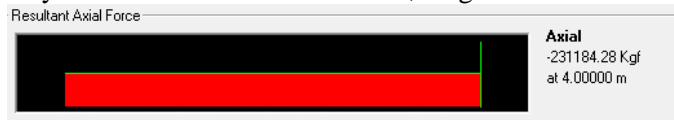
Gaya Aksial : 212.075,37 Kg



Gambar 4. 48 Diagram Gaya Aksial (1,2D + 1,6L + 0,5Lr) Kolom K1

Kombinasi : 1,2D+1EX+0,3EY+L

Gaya Aksial : 231.184,3 Kg



Gambar 4. 49 Diagram Gaya Aksial (1,2D+1EX+0,3EY+L) Kolom K1

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y

➤ Hasil Output Momen Arah X

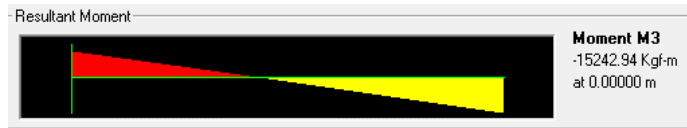
Momen akibat pengaruh gempa

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)

Kombinasi : 1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

Momen M_{1s} : 15.242,9 Kg-m

Gambar 4. 50 Digram M_{1s} Sumbu X

Kombinasi : $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L$

Momen M_{2s} : 19.784,74 Kg-m

Gambar 4. 51 Digram M_{2s} Sumbu X

Momen akibat pengaruh gravitasi

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

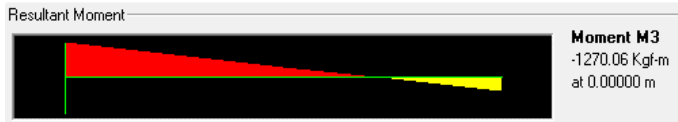
Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,5Lr$

Momen M_{1ns} : 498,23 Kg-m

Gambar 4. 52 Digram M_{1ns} Sumbu X

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,5Lr$

Momen M_{2ns} : 1.270,06 Kg-m

Gambar 4. 53 Digram M_{2ns} Sumbu X

➤ **Hasil Output Momen Arah Y**

Momen akibat pengaruh gempa

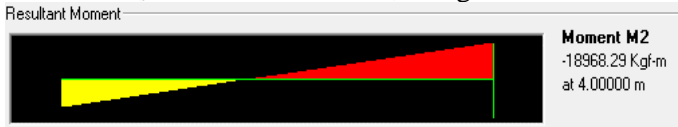
Kombinasi : 1,2D + 1Ey + 0,3Ex + 1L

Momen M_{1s} : 13.999,18 Kg-m

Gambar 4. 54 Digram M_{1s} Sumbu Y

Kombinasi : 1,2D + 1Ey + 0,3Ex + 1L

Momen M_{2s} : 18.968,29 Kg-m

Gambar 4. 55 Digram M_{2s} Sumbu Y

Momen akibat pengaruh gravitasi

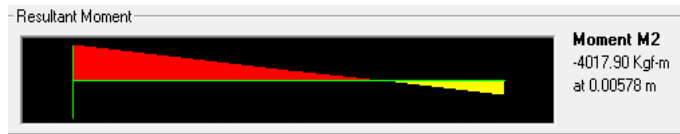
Kombinasi : 1,2D + 1L + 0,5Lr

Momen M_{1ns} : 1.568,28 Kg-m

Gambar 4. 56 Digram M_{1ns} Sumbu Y

Kombinasi : 1,2D + 1L + 0,5Lr

Momen M_{2ns} : 4.017,9 Kg-m

Gambar 4. 57 Diagram M_{2ns} Sumbu YSyarat gaya aksial pada kolom

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2** Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c' / 13$ dan Bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{13} < P_u$$

$$\frac{250.000 \text{ mm}^2 \times 30 \text{ N/mm}^2}{13} < 2.221.271 \text{ N}$$

$$750.000 \text{ N} < 2.221.271 \text{ N}$$

- Perhitungan tulangan lentur

Menghitung β_d

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\beta_d = \frac{P_u \text{ (akibat beban gravitasi)}}{P_u \text{ (akibat beban gempa)}}$$

$$\beta_d = \frac{212.075,37 \text{ N}}{231.184,3 \text{ N}}$$

$$\beta_d = 0,92$$

Kolom (50 x 50)

$$Elk = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.13.6,1)

$$I_g = 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 0,7 \times 1/12 \times 500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3$$

$$= 3.645.833.333,33 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{30\text{MPa}} \\
 &= 25.743 \text{ Mpa} \\
 E_{lk} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \text{ Nmm} \times 3.645.833.333,33 \text{ mm}^4}{1 + 0,92} \\
 &= 1,9 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Balok Induk memanjang (30 x50)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 13.13.6,1})$$

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3 \\
 &= 2.187.500.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\
 &= 25.743 \text{ Nmm} \\
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25.743 \text{ Nmm} \times 2.187.500.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,92} \\
 &= 1,1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Balok Induk melintang (35 x 65)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 13.13.6,1})$$

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 350 \text{ mm} \times (650 \text{ mm})^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5.606.927.000 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\
 &= 25.743 \text{ Nmm} \\
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25.743 \text{ Nmm} \times 5.606.927.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,92} \\
 &= 3 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Sloof memanjang (30 x 50)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 13.13.6,1})$$

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3 \\
 &= 2.187.500.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{30 \text{ MPa}} \\
 &= 25.743 \text{ Nmm} \\
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25.743 \text{ Nmm} \times 2.187.500.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,92} \\
 &= 1,1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Sloof melintang (35 x 65)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.13.6,1)

$$I_g = 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 0,7 \times 1/12 \times 350 \text{ mm} \times (650 \text{ mm})^3$$

$$= 5.606.927.000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{c'}}$$

$$= 4700\sqrt{30} \text{ MPa}$$

$$= 25.743 \text{ Nmm}$$

$$El_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 25.743 \text{ Nmm} \times 2.187.500.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,92}$$

$$= 1,1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Selanjutnya, menghitung faktor panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan kolom atas

$$\Psi_A = \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom atas}}}{(EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B}$$

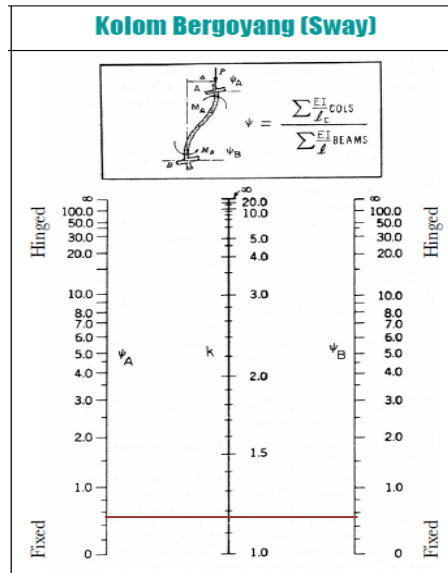
$$\Psi_A = 0,55$$

Kekakuan kolom bawah

$$\Psi_B = \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom bawah}}}{(EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B}$$

$$\Psi_B = 0,55$$

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai faktor kekakuan kolom



Gambar 4. 58 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Rangka Bergoyang)

Dari nomogram diatas didapatkan nilai $K = 1,18$

Menghitung jari-jari inersia (r)

$$r = 0,2887 \times h$$

$$r = 0,2887 \times 500 \text{ mm}$$

$$r = 144,35 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 13.13.1.2)

Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{k \times L_u}{r} \leq 22$$

$$\lambda = \frac{1,18 \text{ mm} \times 4000 \text{ mm}}{144,35}$$

$34,6 \geq 22$ maka kolom termasuk kolom langsing

(SNI 2847-2013 Pasal 13.13.1(a))

Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Momen akibat pengaruh beban gempa output SAP 2000
kombinasi 1D + 1Ex + 0,3Ey + 1L

$$M_{1s} = 152.429.400 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 197.847.400 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000
kombinasi 1D + 1,6L + 0,5Lr

$$M_{1ns} = 4.982.300 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 12.700.600 \text{ Nmm}$$

Menghitung nilai Pc (kritis) pada kolom

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 1,9 \times 13^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,18 \times 4000 \text{ mm})^2} \\ &= 8.665.442 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 63 \times 8.665.442 \text{ N} \\ &= 545.922.830 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 63 \times 2.265.606 \text{ N} \\ &= 142.733.174 \text{ N} \end{aligned}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1 \\ \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{142.733.174 \text{ N}}{0,75 \times 545.922.830 \text{ N}}} \geq 1 \end{aligned}$$

$$\delta_s = 1,54 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,54$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah X (M33):

$$\begin{aligned}
 M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\
 &= 4.982.300 \text{ Nmm} + (1,54 \times 152.429.400 \text{ Nmm}) \\
 &= 238.986.511 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\
 &= 12.700.600 \text{ Nmm} + (1,54 \times 197.847.400 \text{ Nmm}) \\
 &= 316.428.915 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka diambil momen terbesar yaitu $M_2 = 316.428.915 \text{ Nmm}$ yang digunakan untuk menghitung kolom

- Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi

Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah :

$$\frac{d'}{h} = \frac{64 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0,13 \text{ mm}$$

Sumbu vertikal

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{P_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{2.265.606 \text{ N}}{0,65 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}
 \end{aligned}$$

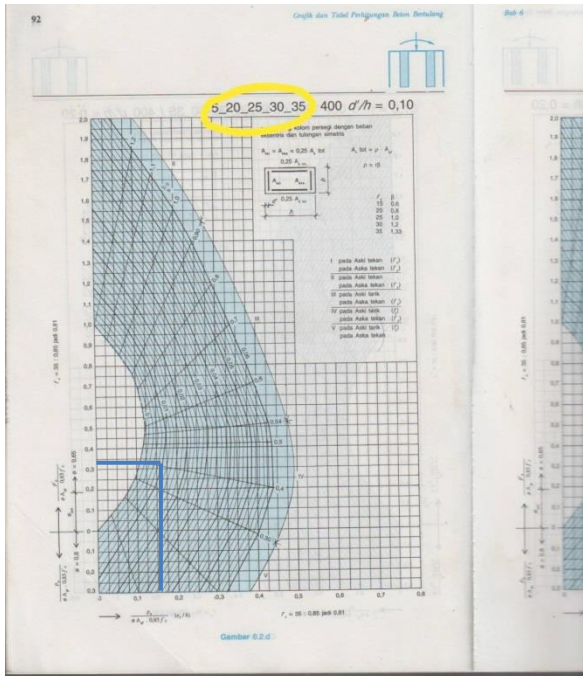
$$v = 0,55$$

Sumbu horizontal :

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{316.428.915 \text{ N}}{0,65 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}}
 \end{aligned}$$

$$h = 0,159$$

Gambar diagram interaksi



Gambar 4. 59 Tabel Diagram Interaksi 1

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = \% = 0,01$

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 2.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22, maka luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan D} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D}}$$

$$n = \frac{2.500 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2}$$

$$n = 6,5 \approx 12 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\ &= 12 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2) \\ &= 4559,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &> \text{As}_{\text{perlu}} \\ 4559,3 \text{ mm}^2 &> 2.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(Memenuhi)

Prosentase tulangan terpasang

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 130 \% \\ &= \frac{4559,3}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 130 \% \\ &= 1,82 \% < 8\% \end{aligned}$$

Mencari nilai e min dan e perlu

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \frac{\text{Mu}}{\phi} \\ \text{Mn} &= \frac{316.428.915 \text{ Nmm}}{0,65} \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = 486.813.715 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \text{Pn} &= \frac{\text{Pu}}{\phi} \\ \text{Pn} &= \frac{2.265.606 \text{ N}}{0,65} \end{aligned}$$

$$\text{Pn} = 3.485.548 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} e \text{ perlu} &= \frac{\text{Mn}}{\text{Pn}} \\ e \text{ perlu} &= \frac{486.813.715 \text{ Nmm}}{3.485.548 \text{ N}} \end{aligned}$$

$$e \text{ perlu} = 139,7 \text{ mm}$$

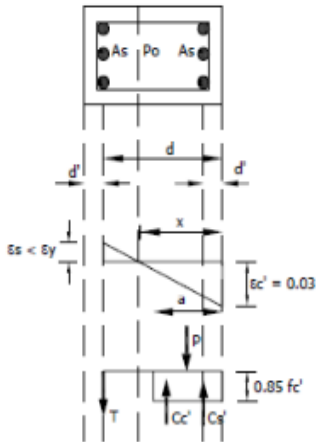
$$e_{\min} = 15,24 + (0,3 \times h)$$

$$e_{\min} = 15,24 + (0,3 \times 500 \text{ mm})$$

$$e_{\min} = 30,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

$$\varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$



$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 436 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 64 \text{ mm}$$

$$d'' = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm}) - (\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm})$$

$$= 208 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} \times d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400)} \times 436 \text{ mm}$$

$$= 262 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$= 0,85 \times 262 \text{ mm}$$

$$= 222 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 30 \text{ MPa}) \\ &= 1.707.450 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 2.854.598 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \\ &= 1.823.712 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$\begin{aligned} P_b &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2.854.598 \text{ N} + 1.707.450 \text{ N} - 1.823.712 \text{ N} \\ &= 2.718.828 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ &= 2.854.598 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - \frac{223,9 \text{ mm}}{2}) \times \\ &\quad 1.707.450 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - 64 \text{ mm}) + \\ &\quad 1.823.712 \text{ N} \times 208 \text{ mm} \\ &= 990.549.169 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\ &= \frac{990.549.169 \text{ Nmm}}{2.718.828 \text{ N}} \\ &= 364 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol kondisi :

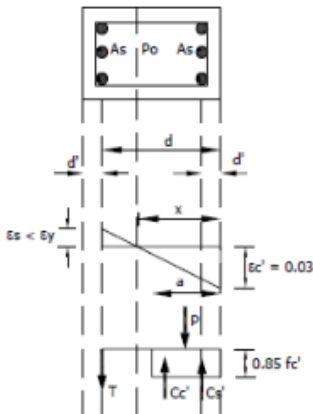
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$ (tekan menentukan)

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$ (tarik menentukan)

Maka :

$$30,24 \text{ mm} < 139,6 \text{ mm} < 364 \text{ mm}$$

Kolom tersebut dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan

Syarat :

$$e < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 364 \text{ mm (ok)}$$

Mencari nilai x :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85x = 0,54 \times 436 \text{ mm}$$

$$x = 277 \text{ mm}$$

Mencari nilai a :

$$a = 0,85 x$$

$$= 0,85 \times 277 \text{ mm}$$

$$= 235 \text{ mm}$$

Syarat $\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow f_s = f_y$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= \left(\frac{436 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1 \right) \times 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600$$

$$= \left(\frac{436 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600$$

$$= 344,44 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s$$

$$= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa}$$

$$= 0,002$$

Kontrol :

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$0,0017 < 0,002 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344,44 < 400 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 30 \text{ MPa})$$

$$= 1.707.450 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 262 \text{ mm}$$

$$= 3.001.860 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 4559,28 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa}$$

$$= 1.823.712 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P = C_c' + C_s' - T$$

$$P = C_c' + C_s' - T$$

$$= 3.001.860 \text{ N} + 1.707.450 \text{ N} - 1.823.712 \text{ N}$$

$$= 2.885.598 \text{ N}$$

Syarat :

$$P > P_b$$

$$2.885.598 \text{ N} > 2.718.828 \text{ N} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$M_{n_{\text{terpasang}}} = C_c' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 3.001.860 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - \frac{223,9 \text{ mm}}{2}) \times$$

$$1.707.450 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - 64 \text{ mm}) +$$

$$1.823.712 \text{ N} \times 208 \text{ mm}$$

$$= 990.399.076 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n_{\text{terpasang}}} > M_n$$

$$990.399.076 \text{ Nmm} > 486.813.715 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Peninjauan kolom akibat momen arah Y (M22)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP 2000 diperoleh hasil gaya gaya dalam arah Y sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa

$$M_{1s} = 139.991.800 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 189.682.900 \text{ Nmm}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi

$$M_{1ns} = 15.682.800 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 40.179.000 \text{ Nmm}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 1,9 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,18 \times 4000 \text{ mm})^2} \\ &= 8.665.442 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 63 \times 8.665.442 \text{ N} \\ &= 545.922.830 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 63 \times 2.265.606 \text{ N} \\ &= 142.733.174 \text{ N} \end{aligned}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1 \\ \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{142.733.174 \text{ N}}{0,75 \times 545.922.830 \text{ N}}} \geq 1 \\ \delta_s &= 1,54 \geq 1 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,54$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah Y (M22)

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 15.682.800 \text{ Nmm} + (1,54 \times 139.991.800 \text{ Nmm}) \\ &= 230.593.249 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 40.179.000 \text{ Nmm} + (1,54 \times 189.682.900 \text{ Nmm}) \\ &= 331.373.464 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka diambil momen terbesar yaitu $M_2 = 331.373.464 \text{ Nmm}$ yang digunakan untuk menghitung kolom

- Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

Dalam menentukan ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi

Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah :

$$\frac{d'}{h} = \frac{64 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0,122$$

Sumbu vertikal

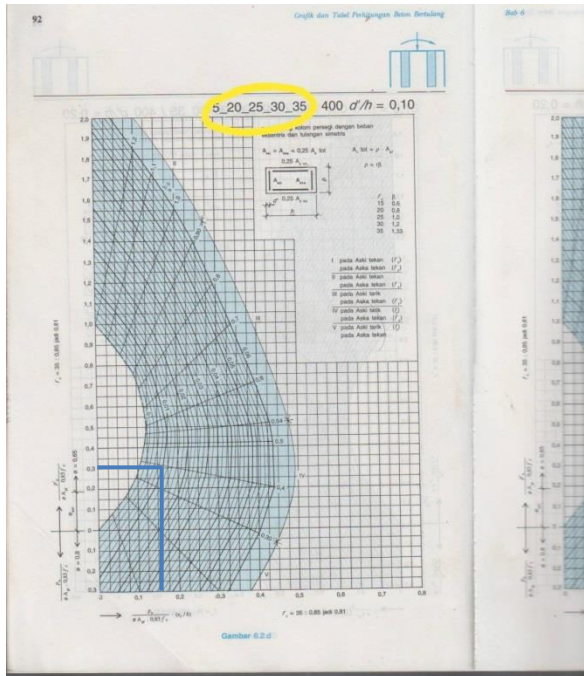
$$\begin{aligned} v &= \frac{P_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{2.265.606 \text{ N}}{0,65 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \\ v &= 0,54 \end{aligned}$$

Sumbu horizontal :

$$\begin{aligned} h &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{331.373.464 \text{ Nmm}}{0,75 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \end{aligned}$$

$$h = 0,159$$

Gambar diagram interaksi



Gambar 4. 60 Tabel Diagram Interaksi 2

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = \% = 0,01$

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 2.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D, maka luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan D} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 285,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D}}$$

$$n = \frac{2.500 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2}$$

$$n = 6,5 \approx 12 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &= n \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\ &= 12 \times (1/4 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2) \\ &= 4559,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &> \text{As}_{\text{perlu}} \\ 4559,3 \text{ mm}^2 &> 2.500 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Prosentase tulangan terpasang

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{\text{As pasang}}{b \times h} \times 130 \% \\ &= \frac{4559,3}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 130 \% \\ &= 1,82 \% < 8\% \end{aligned}$$

Mencari nilai e min dan e perlu

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi}$$

$$\text{Mn} = \frac{331.373.464 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$\text{Mn} = 568.793.541 \text{ Nmm}$$

$$\text{Pn} = \frac{\text{Pu}}{\phi}$$

$$\text{Pn} = \frac{2.221.271 \text{ N}}{0,65}$$

$$\text{Pn} = 3.485.548 \text{ N}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{\text{Mn}}{\text{Pn}}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{568.793.541 \text{ Nmm}}{3.485.548 \text{ N}}$$

$$e \text{ perlu} = 146,3 \text{ mm}$$

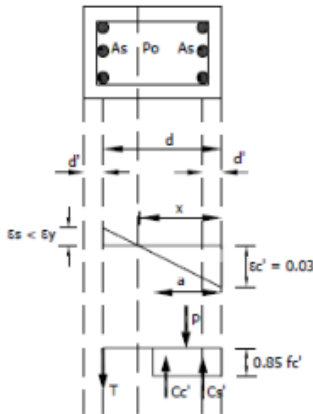
$$e \text{ min} = 15,24 + (0,3 \times h)$$

$$e \text{ min} = 15,24 + (0,3 \times 500 \text{ mm})$$

$$e \text{ min} = 30,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

$$\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$



$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 436 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 64 \text{ mm}$$

$$d'' = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm}) - (\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm})$$

$$= 208 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} \times d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400)} \times 436 \text{ mm}$$

$$= 262 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$= 0,85 \times 262 \text{ mm}$$

$$= 222 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 30 \text{ MPa}) \\ &= 1.707.450 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 2.854.598 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \\ &= 1.823.712 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$\begin{aligned} P_b &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2.854.598 \text{ N} + 1.707.450 \text{ N} - 1.823.712 \text{ N} \\ &= 2.718.828 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ &= 2.854.598 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - \frac{223,9 \text{ mm}}{2}) \times \\ &\quad 1.707.450 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - 64 \text{ mm}) + \\ &\quad 1.823.712 \text{ N} \times 208 \text{ mm} \\ &= 990.549.169 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\ &= \frac{990.549.169 \text{ Nmm}}{2.718.828 \text{ N}} \\ &= 364 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol kondisi :

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$ (tekan menentukan)

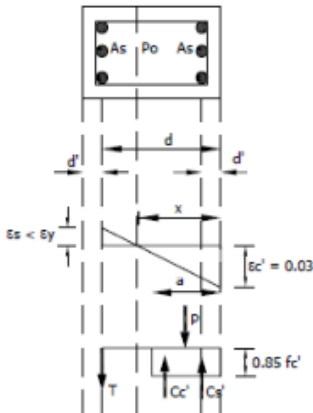
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}}$ (tarik menentukan)

Maka :

$$30,24 \text{ mm} < 139,6 \text{ mm} < 364 \text{ mm}$$

Kolom tersebut dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan



Syarat :

$$e < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 364 \text{ mm (ok)}$$

Mencari nilai x :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85x = 0,54 \times 436 \text{ mm}$$

$$x = 277 \text{ mm}$$

Mencari nilai a :

$$a = 0,85 x$$

$$= 0,85 \times 277 \text{ mm}$$

$$= 235 \text{ mm}$$

Syarat $\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow f_s = f_y$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$= \left(\frac{436 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1 \right) \times 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600$$

$$= \left(\frac{436 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600$$

$$= 344,44 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = f_y / E_s$$

$$= 400 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa}$$

$$= 0,002$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &< \varepsilon_y \\ 0,0017 &< 0,002 \quad \textbf{(Memenuhi)} \\ f_s &< f_y \\ 344,44 &< 400 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 30 \text{ MPa}) \\ &= 1.707.450 \text{ N} \\ C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 262 \text{ mm} \\ &= 3.001.860 \text{ N} \\ T &= A_s \cdot f_y \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \\ &= 1.823.712 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma V &= 0 \rightarrow P = C_c' + C_s' - T \\ P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 3.001.860 \text{ N} + 1.707.450 \text{ N} - 1.823.712 \text{ N} \\ &= 2.885.598 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}P &> P_b \\ 2.885.598 \text{ N} &> 2.718.828 \text{ N} \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

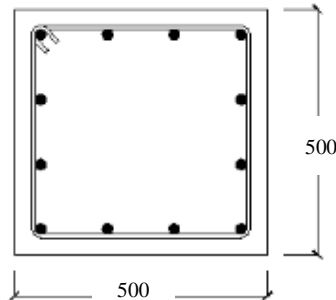
$$\begin{aligned}M_{n_{\text{terpasang}}} &= C_c' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ &= 3.001.860 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - \frac{223,9 \text{ mm}}{2}) \times \\ &\quad 1.707.450 \text{ N} \times (436 \text{ mm} - 208 \text{ mm} - 64 \text{ mm}) + \\ &\quad 1.823.712 \text{ N} \times 208 \text{ mm} \\ &= 990.399.076 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}M_{n_{\text{terpasang}}} &> M_n \\ 990.399.076 \text{ Nmm} &> 486.813.715 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Berdasarkan peninjaun momen kolom arah X dan arah Y, maka digunakan penulangan lentur terbesar sesuai dengan peninjaunan momen kolom arah Y sebesar **12D22**

Gambar penampang kolom



Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi :

Syarat :

$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow$ susun satu lapis

$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow$ perbesar penampang kolom

$$S_{\max} = \frac{b - (2 t_{\text{selimut}}) - (2 \phi_{\text{geser}}) - (n \cdot \phi_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{4 - 1}$$

$$S_{\max} = 102 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\max} > 40 \text{ mm}$$

$$102 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka tulangan lentur kolom disusun 1 lapis.

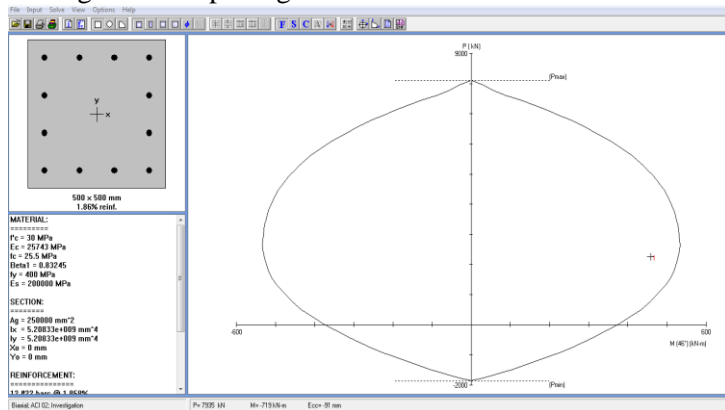
Cek dengan program PcaColumn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PcaColumn

Mutu beton (f_c') : 30 N/mm²

Mutu baja tulangan (f_y) : 240 N/mm²

Modulus elastis	: 200.000 N/mm ²
β_1	: 0,85
B kolom	: 500 mm
H kolom	: 500 mm
Mux (M33 kombinasi arah X)	: 316,42 kN-m
Muy (M22 kombinasi arah Y)	: 369,7 kN-m
Pu (kombinasi ultimate)	: 2.265,6 kN
Tulangan kolom pasang	: 12D22



Gambar 4. 61 Grafik Akibat Momen Pada PcaColumn

Hasil output pada Pcacolumn :

Reinforcement:

```

=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
# 10      10      71      # 13      13      129      # 16      16      199
# 19      19      284      # 22      22      387      # 25      25      510
# 29      29      645      # 32      32      819      # 36      36      1006
# 43      43      1452     # 57      57      2581

```

Confinement: User-defined; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
 $\phi(a) = 1$, $\phi(b) = 1$, $\phi(c) = 1$

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, $A_s = 4644$ mm² at 1.86%
12 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	f_{Mnx} kN-m	f_{Mny} kN-m	f_{Mn}/M_u
1	2265.6	316.4	331.7	365.0	382.6	1.154

*** Program completed as requested! ***

Gambar 4. 62 Hasil Output Pada PcaColumn

Berdasarkan *output* dari PcaColumn :

$$M_{ux} = 316,4 \text{ kN-m} < M_{nx} = 365 \text{ kN-m}$$

$$M_{uy} = 331,7 \text{ kN-m} < M_{nx} = 382,6 \text{ kN-m}$$

Maka, perencanaan dipasang tulangan kolom sebanyak
12D22

Presentase tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \\ &= 12 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \right) \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned} \% \text{ tulangan} &= \frac{\text{luas tulangan terpasang}}{\text{luas bruto penampang kolom}} \times 130\% \\ &= \frac{4559,28 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 130\% \\ &= 1,8 \% < 8\% \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh program analisis PcaColumn lebih besar dibandingkan momen ultimate perhitungan SAP 2000, maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

- Perhitungan tulangan geser

Data perencanaan

H kolom : 500 mm

B kolom : 500 mm

Tebal selimut beton : 40 mm

Tinggi kolom : 4000 mm

Mutu beton (f_c') : 30 MPa

Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}): 400 Mpa

Diameter tulangan lentur : 22 mm

Diameter tulangan geser : 13 mm

Faktor reduksi : 0,75

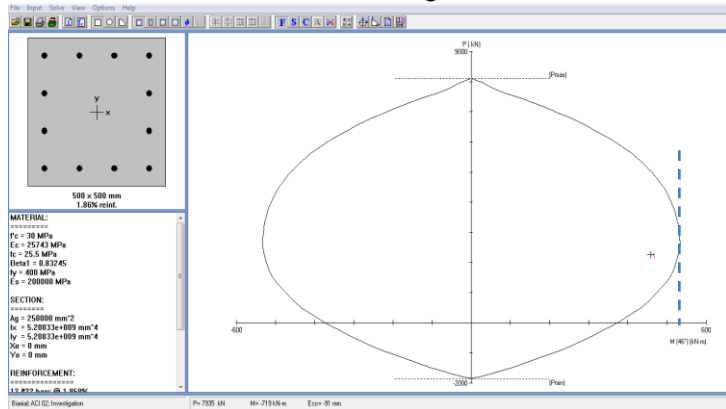
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2(3))

Berdasarkan hasil analisis program SAP 2000, maka dipeoleh beban aksial pada kolom K-1:

$P_u = 2.265,6 \text{ kN}$

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM

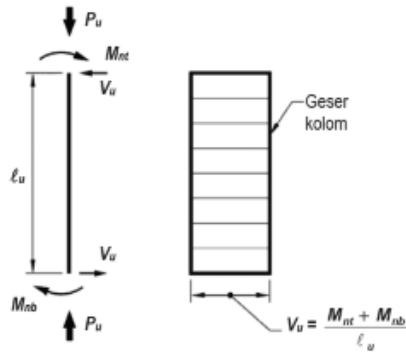
Diambil dari hasil PcaColumn sebagai berikut :



Gambar 4. 63 Diagram Momen Nominal Kolom

$M_{nt} = 525.000.000 \text{ Nmm}$

$M_{nb} = 525.000.000 \text{ Nmm}$



$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5)

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas kolom

M_{nb} = Momen nominal bawah kolom

$$\begin{aligned} M_{nt} &= \frac{M_{nt}}{\phi} \\ &= \frac{525.000.000 \text{ Nmm}}{0,75} \\ &= 700.000.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= \frac{M_{nb}}{\phi} \\ &= \frac{525.000.000 \text{ Nmm}}{0,75} \\ &= 700.000.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{700.000.000 + 700.000.000}{4000} \\ &= 350.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 Mpa sesuai dengan peraturan SNI 03-2847-2013

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{30} \text{ N/mm}^2 \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5,5 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kekuatan geser pada beton

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_w d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2.265.606 \text{ N}}{14 \times 250.000 \text{ mm}^2} \right) \times 1 \times \sqrt{25} \times 500 \times 436 \text{ mm}$$

$$= 334.382,05 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = 1/3 \times b \times d$$

$$= 1/3 \times 500 \text{ mm} \times 436 \text{ mm}$$

$$= 72.667 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 1/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 1/3 \times \sqrt{30} \times 500 \text{ mm} \times 436 \text{ mm}$$

$$= 398.012 \text{ N}$$

$$2V_{s\text{max}} = 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{30} \times 500 \times 436$$

$$= 796.023 \text{ N}$$

Cek kondisi:

1. Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$350.000 \text{ N} > 125.393 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

2. Kondisi 2 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$125.393 \text{ N} \leq 350.000 \text{ N} \geq 250.787 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

3. Kondisi Geser 3 → Memerlukan tulangan geser minimum

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\text{min}})$$

$$250.787 \text{ N} \leq 350.000 \text{ N} \geq 305.287 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

4. Kondisi Geser 4 → Perlu tulangan geser

$$\phi(V_c + V_{s\text{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s\text{max}})$$

$$305.287 \text{ N} \leq 350.000 \text{ N} \leq 549.295 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser kolom menggunakan persyaratan kondisi 4, yaitu memerlukan tulangan geser.

Beban gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_{\text{perlu}} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{350.000 \text{ N}}{0,75} - 334.382,05 \text{ N} \\ &= 132.285 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø13 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2 \\ A_v &= 265 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi perlu tulangan:

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{\text{min}}} \\ s &= \frac{265 \times 400 \times 436}{73.167} \\ s &= 379 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai $S = 100 \text{ mm}$

Syarat spasi tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= d/4 \\ &= 436 \text{ mm}/4 \\ &= 109 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 100 mm

Luas penampang tulangan geser yang diperlukan :

$$A_{V_{\min}} = \frac{V_{\text{perlu}} \times s}{f_y \times d}$$

$$A_{V_{\min}} = \frac{132.285 \text{ N} \times 130 \text{ mm}}{400 \text{ mm} \times 400 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{V_{\min}} = 69 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{V_{\text{pakai}}} > A_{V_{\text{perlu}}}$$

$$265 \text{ mm}^2 > 69 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser kolom

1. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2 spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

- (a) delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi

$$S_o \leq 8 \times D_{\text{lentur}}$$

$$130 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- (b) 24 kali diameter batang tulangan begel

$$S_o \leq 24 \times \emptyset_{\text{geser}}$$

$$130 \text{ mm} \leq 24 \times 13 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- (c) Setengah dimensi penampang kolom terkecil

$$S_o \leq \frac{1}{2} \times b_w$$

$$130 \text{ mm} \leq \frac{1}{2} \times 500 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- (d) $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$130 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kontrol syarat penulangan geser memenuhi, dan S_{pakai} menggunakan 130 mm. Maka dipakai S_o sebesar Ø13-130 mm.

Direncanakan $L_o = 600$ mm

Panjang L_o tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

1. Panjang L_o tidak boleh kurang dari yang terbesar diantara ketiga syarat dibawah, yaitu:

(a) Seperenam bentang bersih kolom

$$L_o > 1/6 \times (4000 - 650)$$

$$L_o > 558 \text{ mm}$$

(b) Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o > 500 \text{ mm}$$

(c) $L_o > 450$ mm

2. Senggang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 130 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok-kolom.

3. Spasi senggang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 130 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$

Sehingga dipasang senggang sebesar Ø13-130 mm sejarak 600 mm dari muka hubungan balok kolom.

**Pengecekan manual kolom terlampir pada bab lampiran*

Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.16.1, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ MPa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \times 22 \geq 300 \text{ mm}$$

$$650 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1, panjang penyaluran untuk tulangan D22 harus ditentukan menggunakan persamaan:

Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 1000 \text{ mm}$$

4.4 Perhitungan Volume Pembesian

Berikut ini akan dibahas perhitungan volume kebutuhan pembesian untuk portal yang ditinjau yaitu 1 portal melintang. Perhitungan volume pembesian meliputi 2 elemen yang ditinjau yaitu balok dan kolom.

Perhitungan volume pembesian balok digolongkan berdasarkan dimensi elemen struktur, bentang elemen struktur dan diameter tulangan yang digunakan.

Sedangkan volume pembesian kolom dihitung berdasarkan tipe kolom, dimensi kolom, dan diameter tulangan yang digunakan.

Hasil akhir dari perhitungan volume pembesian adalah berupa kebutuhan panjang tulangan yang diperlukan, jumlah lonjor dan berat besi yang ditinjau per diameter yang digunakan.

Contoh perhitungan:


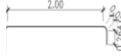


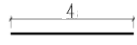
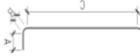
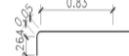

Balok


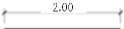
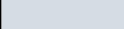
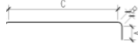


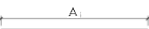
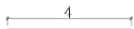
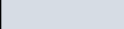
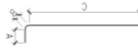
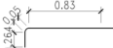

Perhitungan volume pembesian kolom dihitung berdasarkan tinggi tiap kolom. Panjang tulangan utama kolom dihitung dari sambungan ke sambungan antar tulangan.


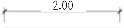
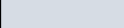
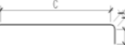
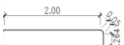


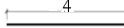
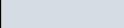
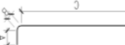
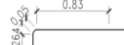

Kolom


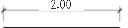
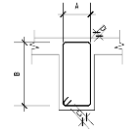
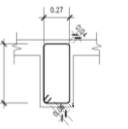
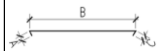

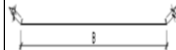
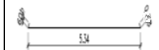
Perhitungan volume pembesian kolom dihitung berdasarkan tinggi tiap kolom. Panjang tulangan utama kolom dihitung dari sambungan ke sambungan antar tulangan.

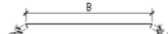

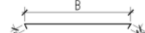

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Volume Balok

NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL 1	DETAIL 2	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (mm)					n	n BALOK	PANJANG TOTAL (m)	VOLUME (m ³)	BERAT TOTAL (KG)	KEBUTUHAN LOMJOIR
								A	B	C	D	E						
1	01-Mei	B1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	2000	-	-	5	4	46.28000	0.017583623	138.07	4
2	1- atap tambahan	B1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	4000					5	8	160.00000	1.5E-09	477.33	14
3	1- atap	B1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	830	-	-	4	4	18.304	0.000434651	54.61	2

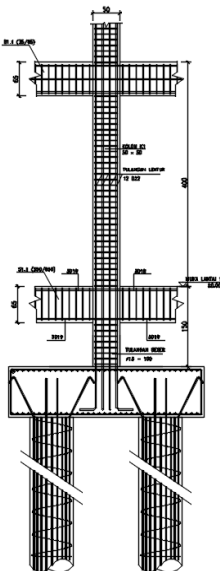
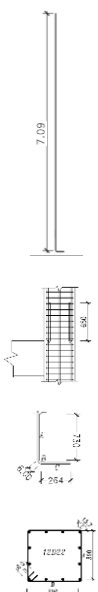
4	1- atap tambahan	B1.2	UTAMA / LAPANGAN				22	2000					4	4	32	7.6E-04	95.47	3
5	1- atap tambahan	Bat1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	2000	-	-	4	3	27.76800	0.000879181	82.84	3
6	1- atap tambahan	Bat1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	4000					2	3	24.00000	1.5E-03	71.60	2
7	1- atap	Bat1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	830	-	-	4	1	4.576	0.000434651	13.65	1

8	1- atap tambahan	Bat1.2	UTAMA / LAPANGAN				22	2000					4	2	16	7.6E-04	47.73	2
9	1	S1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	2000	-	-	4	1	9.256	0.000879181	27.61	1
10	1	S1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	4000					4	1	16	1.5E-03	48	2
11	1	S1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	830	-	-	4	1	4.576	0.000434651	13.65	1

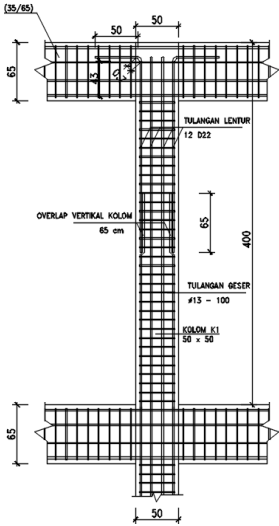

12	1	51.2	UTAMA / LAPANGAN				22	2000					4	1	8	7.6E-04	23.87	1
13	1- atap tambahan	B1.1, B1.2, S1.1, S1.2, Bat 1.1, Bat 1.2	GESER				13	270	570	78	40	-	1117		0	0.000127093	0.00	0
14	1	B1.1, S1.1, Bat 1.1	UTAMA / TUMPUKAN				22	264	1210	78	-	-	9		13.968	0.000589667	41.67	2
15	1	B1.1, S1.1, Bat 1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	78	5340	78	-	-	21		115.416	0.00208815	344.32	10

16	1	B1.1, S1.1, Bat 1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	78	3000	78	-	-	71	224.076	0.001199091	668.49	19
17	1	B1.2, S1.2, Bat 1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	1210	78	-	-	6	9.312	0.000589667	27.78	1
Total D22 pada 1 portal														110.18	0.00719	328.69	45
Total D13 pada 1 portal														362.77	0.00459	1082.27	0

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Volume Kolom

NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (m)					n PER KOLOM (buah)	PANJANG TOTAL (m)	BJ BAJA (kg/m ³)	VOLUME (m ³)	BERAT TOTAL (kg)	KEBUTUHAN LOJNJOR (buah)
							A	B	C	D	TOTAL						
1.0	1.0	K1	UTAMA / LENTUR			22.0					7.1	12.0	85.1	7850.0	0.0	253.8	7.1
			OVERLAP			22.0					0.7	12.0	7.8		0.0	23.3	0.7
			PENJANGKARAN			22.0	0.7	0.0	0.3		1.0	12.0	12.0		0.0	35.8	1.0
			SENGKANG / GESER			13.0	0.4	0.4	0.0	0.1	1.2	70.9	88.3		0.0	92.0	7.4
TOTAL D22													104.88		0.0398	512.9	8.7
TOTAL Ø10													88.32		0.0117	92.0	7.4
TOTAL													193.20		0.0516	404.9	16.1

NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (m)					n PER KOLOM (heads)	PANJANG TOTAL (m)	BJ BAJA (kg/m ³)	VOLUME (m ³)	BERAT TOTAL (kg)	KEBUTUHAN LOJOK (heads)
							A	B	C	D	TOTAL						
2-5	2-5	K1	UTAMA / LENTUR			22					4	12	48	7850	0.01823712	143.2	4
			OVERLAP			22					0.65	12	7.8		0.00296353	23.27	1
			PENJANGKARAN														
			SENGKANG / GESER			13	0.39	0.39	0.0157	0.06	1.6357	40	65.428		0.00868001	68.15416667	5
TOTAL D22													55.8		0.02120065	166.47	5
TOTAL Ø10													65.428		0.00868001	68.15	5
TOTAL													121.228		0.02988066	234.62	10

NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (m)					n PER KOLOM (buah)	PANJANG TOTAL (m)	BJ BAJA (kg/m ³)	VOLUME (m ³)	BERAT TOTAL (kg)	KEBUTUHAN LONJOR (buah)
							A	B	C	D	TOTAL						
6	Atap	K1	UTAMA / LENTUR			22					3.57	12	42.84	7850	0.01627663	127.806	4
			OVERLAP														
			PENJANGKARAN			22	0.5	0.07	0.43		1	8	8		0.003040	23.86666667	1
			SENGKANG / GESER			13	0.39	0.39	0.0157	0.06	1.6357	35.7	58.39449		0.00774691	60.82759375	5
TOTAL D22													50.84		0.01931615	151.67	4
TOTAL Ø10													58.39449		0.00774691	60.83	5
TOTAL													109.23449		0.02706305	212.50	9

Menghitung kebutuhan lonjor tulangan berdasarkan panjang tulangan yang diperlukan :

Jumlah lonjor = Panjang tulangan : 12

Karena panjang 1 lonjor tulangan = 12 m

Dari data tabel 4.17 diatas didapatkan kebutuhan tulangan balok untuk portal melintang yang ditinjau :

Lantai 1

- D22 = 45 lonjor
- Ø13 = 164 lonjor

Dari data tabel 4.18 diatas didapatkan kebutuhan tulangan kolom untuk 1 kolom pada portal melintang AS 3 yang ditinjau :

Lantai 1

- D22 = 7 lonjor
- Ø10 = 8 lonjor

Lantai 2 -5

- D22 = 14 lonjor
- Ø10 = 17 blonjor

Lantai Atap

- D22 = 4 lonjor
- Ø10 = 5 lonjor

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan struktur gedung Pascasarsajana 5 Lantai di Kota Palembang ini terdapat beberapa perubahan yaitu:
 - Jumlah lantai direncanakan menjadi 5 lantai dari jumlah awal 9 lantai.
 - Rangka atap bangunan dirubah menjadi rangka atap beton dari yang awalnya adalah rangka atap baja.
 - Perubahan denah dan letak ruangan.
2. Perencanaan struktur gedung Pascasarsajana 5 Lantai di Kota Palembang dengan kategori resiko IV dan kelas situs SD termasuk kedalam kategori desain seismik C dapat dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
3. Dari seluruh pembahasan perhitungan struktur gedung Pascasarsajana 5 Lantai di Kota Palembang yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :
 - a. Komponen Pelat

Perencanaan tebal pelat lantai dan pelat atap $t = 12 \text{ cm}$

Pelat Lantai 1 Arah

Tabel 5. 1 Penulangan Pelat Lantai 1 Arah

Tipe	Ly	Lx	Tulangan Arah X			Susut
			Tump Kiri	Lap.	Tump. Kanan	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	4	2	10-100	10-100	10-100	8-200
2	5	2.35	10-100	10-100	10-100	8-200

Pelat Lantai 2 Arah

Tabel 5. 2 Penulangan Pelat Lantai 2 Arah

Tipe	Ly	Lx	Tumpuan		Tumpuan		Susut
			X	Y	X	Y	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	4.5	2.35	10-100	10-100	10-100	10-100	8-200
2	4	2.25	10-100	10-100	10-100	10-100	8-200
3	5	3.5	10-100	10-100	10-100	10-100	8-200

Pelat Atap 1 Arah

Tabel 5. 3 Penulangan Pelat Atap 1 Arah

Tipe	Ly	Lx	Tulangan Arah X			Susut
			Tump Kiri	Lap.	Tump. Kanan	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	5	2.35	10-150	10-150	10-150	8-200

Pelat Atap 2 Arah

Tabel 5. 4 Penulangan Pelat Atap 2 Arah

Tipe	Ly	Lx	Tumpuan		Lapangan		Susut
			X	Y	X	Y	
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	4.5	2.35	10-150	10-150	10-150	10-150	8-200
2	4.5	4	10-150	10-150	10-150	10-150	8-200
3	5	4	10-150	10-150	10-150	10-150	8-200
4	5	3.5	10-150	10-150	10-150	10-150	8-200

b. Komponen Tangga

Perencanaan tebal pelat tangga dan pelat bordes $t = 15 \text{ cm}$

Tangga Utama 1

Tabel 5. 5 Penulangan Tangga 1

Pelat Tangga	Arah X	D 16 - 100 mm
	Arah Y	D 16 - 100 mm
Pelat Bordes	Arah X	D 16 - 100 mm
	Arah Y	D 16 - 100 mm

Tangga Utama 2

Tabel 5. 6 Penulangan Tangga 2

Pelat Tangga	Arah X	D 16 - 100 mm
	Arah Y	D 16 - 100 mm
Pelat Bordes	Arah X	D 16 - 100 mm
	Arah Y	D 16 - 100 mm

c. Komponen Balok

Perencanaan Dimensi :

Balok 1 = 35/65

Balok 2 = 30/50

Balok atap 1 = 35/65

Balok atap 2 = 35/65

Balok atap 3 = 30/50

Balok anak = 25/35

Balok kantilever = 25/35

Sloof 1 = 35/65

Sloof 2 = 30/50

Tabel 5. 7 Penulangan Balok

Tipe Balok	Tul. Torsi	Tulangan Lentur				Tul. Geser	
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B 1.1	4D13	7D22	3D22	5D22	2D22	D13-100	D13-150
B 1.2	4D13	5D22	2D22	2D22	2D22	D13-100	D13-150
B 2	4D13	6D22	3D22	3D22	2D22	D13-100	D13-150
Bat 1	4D13	5D22	2D22	3D22	2D22	D13-100	D13-150
Bat 2	4D13	3D22	2D22	2D22	2D22	D13-100	D13-150
Bat 3	4D13	4D22	2D22	2D22	2D22	D13-100	D13-150
BA	2D13	3D16	2D16	2D16	2D16	Ø10-100	Ø10-125
BK	2D13	2D16	2D16	2D16	2D16	Ø10-100	Ø10-100
S 1.1	-	3D19	3D19	2D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150
S 1.2	-	3D19	3D19	2D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150
S 2	-	2D19	2D19	2D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150

d. Komponen Kolom

Tabel 5. 8 Penulangan Kolom

Lantai	Tinggi	Dimensi	Tul. Lentur	Tul. Geser
	cm	cm		
1	400	50/50	12D22	D13-100
2	400	50/50	12D22	D13-100
3	400	50/50	12D22	D13-100
4	400	50/50	12D22	D13-100

4. Berdasarkan volume kebutuhan tulangan balok dan kolom dari suatu bangunan yang ditinjau, didapatkan hasil kebutuhan :

Tabel 5. 9 Kebutuhan Lonjor Balok dan Kolom

No	Struktur	Dimensi	Lonjor
1	Balok	D22	45
		D13	164
2	Kolom	D22	25
		Ø10	30

Dengan rasio tulangan kolom :

Tabel 5. 10 Rasio Kolom

[illegible]

Rasio tulangan balok :

Tabel 5. 11 Kesimpulan Balok

lantai	Berat tul. D22 per balok (kg)	Berat tul. D13 per balok (kg)	Berat tul. Per 1 balok (kg)	Luas penampa ng balok (m ²)	Panjang balok (m)	Volume cor per lantai (m ³)	Rasio (kg/m ³)
1	221.9	174.3	396.2	0.23	8	1.82	217.7
2	221.9	174.3	396.2	0.23	8	1.82	217.7
3	221.9	174.3	396.2	0.23	8	1.82	217.7
4	221.9	174.3	396.2	0.23	8	1.82	217.7
5	221.9	174.3	396.2	0.23	8	1.82	217.7
Atap	221.9	174.3	396.2	0.23	8	1.82	217.7
Rata-rata							217.7

5.2 Saran

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam pengumpulan data perencanaan perlu didapatkan data lengkap meliputi gambar arsitek dan stuktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.
2. Untuk proses perhitungan perencanaan menggunakan referensi yang sesuai dengan perhitungan tersebut.
3. Penentuan preliminary desain struktur harus mempertimbangkan efisiensi dari dimensi yang digunakan serta perhitungan penulangan untuk elemen struktur harus

mempertimbangkan kecukupan penampang untuk menahan tulangan tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBB)*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Imran, Iswandi, Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB
- Wang, Chu-Kia, C. Salmon. *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto, 31 Oktober 1996, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Penulis bernama lengkap Okta Lailia Rahmawati ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Aisyah VIII Mojokerto, SDI Al- Azahar Mojokerto, SMPN 3 Peterongan Jombang, dan SMAN 1 Sooko Mojokerto. Setelah lulus dari SMAN 1 Sooko Mojokerto tahun 2015, Penulis mengikuti tes masuk DIII Reguler ITS dan diterima di

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000063. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis juga aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) ITS 2016/2017 dan beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen dan Institut.



Penulis dilahirkan di Surabaya, 12 Oktober 1996, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis bernama lengkap Nizarrahman Noor ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharmawanita Wage Sidoarjo, SDN Wage 2 Sidoarjo, SMPN 5 Sidoarjo, dan SMAN 2 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMAN 2 Sidoarjo tahun 2015, Penulis mengikuti tes masuk DIII Reguler ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur

Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000077. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis juga aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) ITS 2016/2017, Jamaah Masjid Al-Azhar ITS 2016/2017 dan 2017/2018, UKM Musik ITS 2016/2017 dan beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen dan Instituit.

LAMPIRAN

A. Data Tanah

[illegible]

B. Data Spesifikasi Keramik



30 x 30

			
Plain Colour 3663 WT	Plain Colour 3673 BK	Plain Colour 3633 NH	Shale 3719 GN
			
Shale 3729 BL	Shale 3739 FK	Fancy 3847 NH	Fancy 3847 GN
			
Fancy 3817 BL	Fancy 3817 FL	Fancy 3847 DB	Fancy 3847 BK
			
Austic 3381 BN	Austic 3381 GN	Austic 3381 FL	Austic 3381 WY
			
Austic 3481 BN	Austic 3481 GN	Austic 3481 BL	Austic 3781 BN
			
Austic 3981 BL	Austic 3981 GN	Austic 3181 BN	



TECHNICAL DATA

ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE		UNIT	WALL TILE	
		PERMUT	ISO		PERMUT	ISO
Size Tolerance	%	+/- 0.5	+/- 0.6	%	(- 0.2 - (+0.52))	(- 0.3 - (+0.8))
Thickness Tolerance	%	+/- 4.0	+/- 5.0	%	+/- 4.0	+/- 10
Rectangularity	%	+/- 0.4	+/- 0.6	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Straightness of sides	%	+/- 0.4	+/- 0.5	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(- 0.2 - (+ 0.8))	(- 0.2 - (+ 0.8))
b. Edge Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(- 0.2 - (+ 0.8))	(- 0.2 - (+ 0.8))
c. Warpage	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6 - 9	6<=10	%	>10	>10
Creeping Resistance		Required	Required		Required	Required
		(5 bar)	(5 bar)		(5 bar)	(5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	12-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5

Contact us :

Head Office

PT ARWANA CITRAMULLA TM
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Jakarta 11610
Phn: +62 21 5830 2363
Fax: +62 21 5830 2361
E-mail: info@arwanacitra.com
Website: www.arwanacitra.com

Sole Distributor

PT PRIMAGRAHA KERAMENDO
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Phn: +62 21 5835 8118
Fax: +62 21 5835 8008
E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

Factories

PLANT I :
PT ARWANA CITRAMULLA (ACM)
Jl. Raya Pasar Kemis
Tangerang 15133, Banten
Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
Email: info@acm.arwanacitra.com

PLANT II :
PT ARWANA NUANSA KERAMIK (ANK)
Jl. Raya Gorda, Desa Kihin Km 69
Cikankel - Serang, Banten
Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
Email: info@ank.arwanacitra.com

PLANT III :
PT SINAR KARYA DUTA ABADI (SKDA)
Jl. Wungin Anom Raya Km. 33
Desa Wungin Anom, Kb. Grogol,
Jawa Timur
Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
Email: info@skda.arwanacitra.com



C. Data Spesifikasi Plafond Kalsiboard

KalsiBoard Ling 4.5®

Ceiling Application

Product information & Standard dimensions

KalsiBoard Ling 4.5® is a 4.5 mm thick ceiling board, for interior applications, to be nailed on a wooden frame. The joints between the boards have to remain open and cannot be filled with a jointing compound due to the boards' thickness.

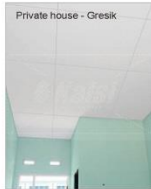
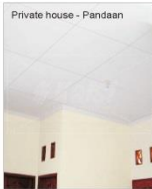
The boards cannot be screwed and then cannot be applied on a metal frame for the same reason.

KalsiBoard Ling 4.5® is thicker with more mechanical resistance and an improved humidity resistance than **KalsiBoard Ling 4.5®**.

KalsiBoard Ling 4.5® is an economical and fast solution for interior ceiling applications, for instance as substitute to plywood, or for ceilings' renovation works.

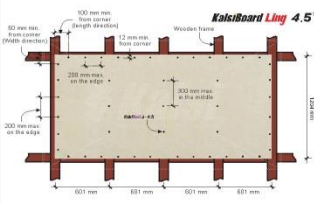
Product Name	Thickness (mm)	Width (mm)	Length (mm)	Weight (kg)
KalsiBoard Ling 4.5®	4.5	1220	2440	19.02
	4.5	1200	2400	18.40

*Average weight per 1 sf is 6.3 kg

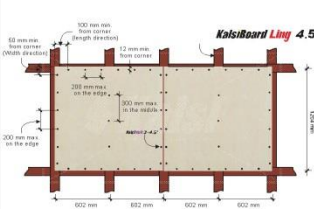


The best installation practice for KalsiBoard Ling 4.5®

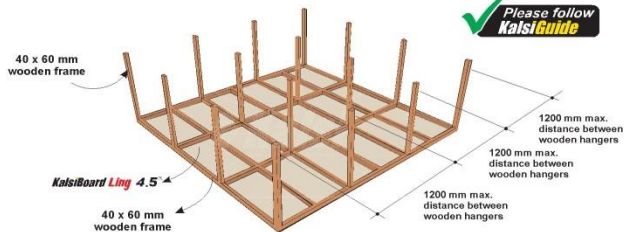
View from below type 1



View from below type 2



View from the top: Preparing the wooden frame



D. Data Spesifikasi Asphalt

CERTIFICATE & TEST

Shingles Type :

KUNCIJUAN MENGUNAKAN ASPHALT SHINGLES :

1. Memakai bantak yang ringan, 35.5 kg/m², sehingga memungkinkan untuk instalasi atap yang ringan dan ekonomis.
2. Tahan terhadap cuaca yang ekstrim di Indonesia, tahan terhadap angin 137 km/jam.
3. Bisa-bisa, mudah mengikat rangka bantak atap dengan lembaran 22.5" x 30".
4. Memiliki banyak pilihan warna untuk melengkapi keindahan perancangan atap.
5. Bersifat water proofing, dikonservasi dari lapisan fiberglass dan aspal.
6. Estetika, sehingga dapat menghiasi bentuk atap yang di inginkan.

* Untuk lebih jelasnya kunjungi kami di 355 Jember Raya
Jember atau kunjungi Website / Email di bawah ini

Standard :


1. National Class Standard ISO 7243:2004
2. USA Testing ASTM 9102 (for laminated shingles)
3. USA Testing ASTM 9101 (for angular shingles)
4. USA Testing ASTM 9104 Class A - Impact
5. USA Testing UL 790 Class A Fire
6. Europe CE Certificate
7. ISO Certificate
8. ISO 9001:2008 - Quality Management

PILIHAN WARNA :

SPESIFIKASI :

DESCRIPTION	1 TAB SHINGLES / SINGLE LAYER	LAMINATED SHINGLES / DOUBLE LAYER	IRREGULAR SHAPE	MOZAIC SHINGLES
Length	1000 mm ± 5 mm	1000 mm ± 5 mm	1000 mm ± 5 mm	1000 mm ± 5 mm
Width	330 mm ± 5 mm 3 mm	330 mm ± 5 mm 3 mm	330 mm ± 5 mm 3 mm	330 mm ± 5 mm 3 mm
Weight	21 pcs/m ²	30 pcs/m ²	21 pcs/m ²	21 pcs/m ²
Thickness	2.5-3 mm	3 mm	2.5-3 mm	2.5-3 mm
1 bundle	3 m ² 7 pcs	3.32 m ² 7 pcs	3 m ² 7 pcs	3 m ² 7 pcs

E. Data Spesifikasi bata ringan (citicon)



CITICON
BATA RINGAN

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
Tinggi, H (mm) : 200; 400
Tebal, T (mm) : 75; 100; 125; 150; 175; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³
Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
Kuat tekani, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
Konduktifitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm) : 600
Height, H (mm) : 200; 400
Thick, T (mm) : 75; 100; 125; 150; 175; 200

Dry Density, (ρ) : 530 kg/m³
Field Density, (ρ) : 600 kg/m³
Compressive Strength, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
Thermal Conductivity, (λ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents/ m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

F. Data Spesifikasi Acian NP S450



DINDING



◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak ± 2-2,5 m²/10mm



40kg

Acian dinding dan plester



◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak ± 10-12 m²/2mm



30kg



◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak ± 10-12 m²/2mm
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg



◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak 9-12 m²/30 kg



30kg

Acian dinding plester dan beton



◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak 9-11 m²/20 kg



20kg



◆ Thinbed 101 TB101

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak ± 10-11 m²/3mm (40 kg) (ukuran blok 20x20x10 cm)
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

Khusus Bata Ringan



◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak ± 4,5-6,5 m²/5-8mm (50 kg) (ukuran blok 20x20x10 cm)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perkuat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg / 40kg

◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

1. Kolom Pendek (W0)

Kolom Pendek (W0)	BJ (Kg/m ³)	Berat (Kg/m ²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom I	2400		0.5	0.5		0.75	63	28350
Dinding h=0,75 m lt. 1	600		0.75	0.15	207.12			13980.87
Total Berat W0								42330.87

2. Lantai 1 (W1)

A. Beban Mati

Berat Struktur (W1)	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom 1	2400		0.5	0.5		2.75	63	103950.00
Sloof S1 (Melintang)	2400		0.35	0.65	333.8			182254.80
Sloof S2 (Memanjang)	2400		0.3	0.5	256			82944.00
Sloof praktis	2400		0.15	0.2	207.12			14912.93
Dinding h=2,75 m lt. 1	600		2.75	0.15	207.12			51263.19
Keramik 1 cm		15	1157.3508					17360.26
Spesi 2 cm		12	1157.3508					13888.21
Total Berat Struktur W1								466573.39

B. Berat Tangga

Berat Tangga 1	BJ (Kg/m²)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Plat Bordes	2400		2.85	1.57	0.15		1	1610.82
Spesi 1 cm Bordes		12	2.85	1.57			1	53.69
Keramik 1 cm Bordes		15	2.85	1.57			1	67.12
Berat Anak Tangga 1 (Bawah)	2400		1.3	0.25	0.17		24	3182.40
Pelat Tangga 1 (Bawah)	2400		3.256	1.3	0.15		1	1523.81
Spesi 2 cm Tangga 1 (bawah)		12	3.256	1.3			1	50.79
Keramik 1 cm Tangga 1 (bawah)		15	3.256	1.3			1	63.49
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.256		1	24.42
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.256		1	270.25
Jumlah								6846.79
Berat Tangga 2	BJ (Kg/m²)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Plat Bordes	2400		4.5	2.15	0.15		1	3483.00
Spesi 1 cm Bordes		12	4.5	2.15			1	116.10
Keramik 1 cm Bordes		15	4.5	2.15			1	145.13
Berat Anak Tangga 1 (Bawah)	2400		1.8	0.25	0.17		24	4406.40
Pelat Tangga 1 (Bawah)	2400		3.4	1.8	0.15		1	2203.20
Spesi 2 cm Tangga 1 (bawah)		12	3.4	1.8			1	73.44
Keramik 1 cm Tangga 1 (bawah)		15	3.4	1.8			1	91.80
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.4		1	25.50
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.4		1	282.20
Jumlah								10826.77
Total Berat Tangga W1								17673.56

Berat Struktur (W3)	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom 1	2400		0.5	0.5		4	63	151200.00
Balok Induk B1 (Melintang)	2400		0.35	0.65	333.8			182254.80
Balok Induk B2 (Memanjang)	2400		0.3	0.5	256			82944.00
Balok Anak	2400		0.25	0.35	276			57960.00
Pelat lantai tipe 1	2400		2.35	4.5		0.12	64	194918.40
Pelat lantai tipe 2	2400		2.35	5		0.12	12	40608.00
Pelat lantai tipe 3	2400		3.5	5		0.12	2	10080.00
Pelat lantai tipe 4	2400		2.25	4		0.12	4	10368.00
Pelat lantai tipe 5	2400		2	4		0.12	24	55296.00
Pelat Kantilever	2400		227.505			0.12	1	65521.44
Dinding h=2 m l. 1	600		2	0.15	207.124			37282.32
Dinding h=2 m l. 2	600		2	0.15	207.124			37282.32
Plafond		12.4	1157.351					14351.15
Plumbing		15	1157.351					17360.26
Instalasi Listrik		9	1157.351					10416.16
Keramik 1 cm		15	1157.351					17360.26
Spesi 2 cm		12	1157.351					13888.21
Total Berat Struktur W3								990901.32

B. Berat Tangga

Berat Tangga 1	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Plat Bordes	2400		2.85	1.57	0.15		1	1610.82
Spesi 1 cm Bordes		12	2.85	1.57			1	53.69
Keramik 1 cm Bordes		15	2.85	1.57			1	67.12
Berat Anak Tangga 1	2400		1.3	0.25	0.17		48	6364.80
Pelat Tangga 1	2400		3.256	1.3	0.15		4	6095.23
Spesi 2 cm Tangga 1		12	3.256	1.3			4	203.17
Keramik 1 cm Tangga 1		15	3.256	1.3			4	253.97
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.256		4	97.68
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.256		4	1080.99
Jumlah								15827.48

Berat Tangga 2	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Plat Bordes	2400		4.5	2.15	0.15		1	3483.00
Spesi 1 cm Bordes		12	4.5	2.15			1	116.10
Keramik 1 cm Bordes		15	4.5	2.15			1	145.13
Berat Anak Tangga 2	2400		1.8	0.25	0.17		48	8812.80
Pelat Tangga 2	2400		3.4	1.8	0.15		4	8812.80
Spesi 2 cm Tangga 2		12	3.4	1.8			4	293.76
Keramik 1 cm Tangga 2		15	3.4	1.8			4	367.20
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.4		4	102.00
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.4		4	1128.80
Jumlah								23261.59
Total Berat Tangga W3								39089.06

C. Beban Hidup

Beban Hidup W3	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m²)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Lobby		305.31	139.17			1	66660.66
Koridor		224.23	185.58			1	71077.71
Kelas dan Ruang Dosen		84.90	565.53			1	108580.80
Bordes Tangga 1		479	4.47			2	4286.57
Bordes Tangga 2		479	9.68			2	9268.65
Tangga 1 (lt. bawah - lt. atas)		479	4.23			4	8110.04
Tangga 2 (lt. bawah - lt. atas)		479	6.12			4	11725.92
Total Beban Hidup W3							279710.36

Total Berat W3	1317891
----------------	---------

A. Beban Mati

[illegible]

B. Berat Tangga

Berat Tangga 1	BJ (Kg/m²)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Plat Bordes	2400		2.85	1.57	0.15		1	1610.82
Spesi 1 cm Bordes		12	2.85	1.57			1	53.69
Keramik 1 cm Bordes		15	2.85	1.57			1	67.12
Berat Anak Tangga 1	2400		1.3	0.25	0.18		48	6739.20
Pelat Tangga 1	2400		3.256	1.3	0.15		4	6095.23
Spesi 2 cm Tangga 1		12	3.256	1.3			4	203.17
Keramik 1 cm Tangga 1		15	3.256	1.3			4	253.97
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.256		4	97.68
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.256		4	1080.99
Jumlah								16201.88
Berat Tangga 2	BJ (Kg/m²)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Plat Bordes	2400		4.5	2.15	0.15		1	3483.00
Spesi 1 cm Bordes		12	4.5	2.15			1	116.10
Keramik 1 cm Bordes		15	4.5	2.15			1	145.13
Berat Anak Tangga 2	2400		1.8	0.25	0.18		48	9331.20
Pelat Tangga 2	2400		3.4	1.8	0.15		4	8812.80
Spesi 2 cm Tangga 2		12	3.4	1.8			4	293.76
Keramik 1 cm Tangga 2		15	3.4	1.8			4	367.20
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.4		4	102.00
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.4		4	1128.80
Jumlah								23779.99
Total Berat Tangga W4								39981.86

C. Beban Hidup

[illegible]

Total Berat W4	1318783.54
----------------	------------

6. Lantai 5 (W5)

A. Beban Mati

Berat Struktur (W5)	BJ (Kg/m²)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom I	2400		0	0		4	63	0.00
Balok Induk B1 (Melintang)	2400		0.35	0.65	333.8			182254.80
Balok Induk B2 (Memanjang)	2400		0.3	0.5	256			82944.00
Balok Anak	2400		0.25	0.35	276			57960.00
Pelat lantai tipe 1	2400		2.35	4.5		0.12	64	194918.40
Pelat lantai tipe 2	2400		2.35	5		0.12	12	40608.00
Pelat lantai tipe 3	2400		3.5	5		0.12	2	10080.00
Pelat lantai tipe 4	2400		2.25	4		0.12	4	10368.00
Pelat lantai tipe 5	2400		2	4		0.12	24	55296.00
Pelat Kantilever	2400		227.505			0.12	1	65221.44
Dinding h=2 m lt. 1	600		2	0.15	207.124			37282.32
Dinding h=2 m lt. 2	600		2	0.15	207.124			37282.32
Plafond		12.4	1157.351					14351.15
Plumbing		15	1157.351					17360.26
Instalasi Listrik		9	1157.351					10416.16
Keramik 1 cm		15	1157.351					17360.26
Spesi 2 cm		12	1157.351					13888.21
Total Berat Struktur W5								847891.32

B. Berat Tangga

Berat Tangga 1	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Berat Anak Tangga 1	2400		1.3	0.25	0.17		24	3182.40
Pelat Tangga 1	2400		3.256	1.3	0.15		2	3047.62
Spesi 2 cm Tangga 1		12	3.256	1.3			2	101.59
Keramik 1 cm Tangga 1		15	3.256	1.3			2	126.98
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.256		2	48.84
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.256		2	540.50
Jumlah								7047.92
Berat Tangga 2	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Berat Anak Tangga 2	2400		1.8	0.25	0.17		24	4406.40
Pelat Tangga 2	2400		3.4	1.8	0.15		2	4406.40
Spesi 2 cm Tangga 2		12	3.4	1.8			2	146.88
Keramik 1 cm Tangga 2		15	3.4	1.8			2	183.60
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.4		2	51.00
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.4		2	564.40
Jumlah								9758.68
Total Berat Tangga W5								16806.60

C. Beban Hidup

Beban Hidup W5	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m²)	Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Lobby		305.31	139.1663			1	66660.66
Koridor		280.44	185.5815			1	88893.54
Kelas dan Ruang Dosen		84.90	565.525			1	108580.80
Bordes Tangga 1		479	4.4745			2	4286.57
Bordes Tangga 2		479	9.675			2	9268.65
Tangga 1 (lt. bawah)		479	4.2328			2	4055.02
Tangga 2 (lt. bawah)		479	6.12			2	5862.96
Total Berat Hidup W5							287608.20

Total Berat W5	1152306
----------------	---------

A. Beban Mati

Berat Struktur (W6)	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom 1	2400		0.5	0.5		4	63	151200.00
Balok Induk B1 (Melintang)	2400		0.35	0.65	333.8			182254.80
Balok Induk B2 (Memanjang)	2400		0.3	0.5	256			82944.00
Balok Anak	2400		0.25	0.35	276			57960.00
Pelat atap tipe 1	2400		2.35	4.5		0.12	64	194918.40
Pelat atap tipe 2	2400		2.35	5		0.12	12	40608.00
Pelat atap tipe 3	2400		3.5	5		0.12	2	10080.00
Pelat Kantilever	2400		227.505			0.12	1	65521.44
Dinding h=4 m	600		4	0.15	207.124			74564.64
Plafond		12.4	1423.403					17650.20
Plumbing		15	1423.403					21351.05
Instalasi Listrik		9	1423.403					12810.63
Aspal		10.5	1423.403					14945.73
Total Berat Struktur W6								926808.88

Berat Tangga 1	BJ (Kg/m²)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Berat Anak Tangga 1	2400		1.3	0.25	0.17		12	1591.20
Pelat Tangga 1	2400		3.256	1.3	0.15		1	1523.81
Spesi 2 cm Tangga 1		12	3.256	1.3			1	50.79
Keramik 1 cm Tangga 1		15	3.256	1.3			1	63.49
Berat pegangan Pipa GI		7.5			3.256		1	24.42
Berat Pegangan dinding H=1m		83			3.256		1	270.25
Jumlah								3523.96

[illegible]

Total Berat W6	1101853
----------------	---------

A. Beban Mati

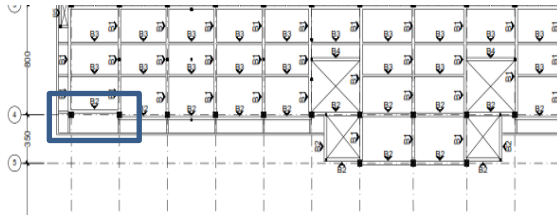
Berat Struktur (W7)	BJ (Kg/m³)	Berat (Kg/m²)	Dimensi (m)		Jarak (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Total (Kg)
Kolom I	2400		0.5	0.5		2	4	4800.00
Balok Induk B1 (Melintang)	2400		0.35	0.65	16			3.64
Balok Induk B2 (Memanjang)	2400		0.3	0.5	9			2916.00
Balok Anak	2400		0.25	0.35	9			2430.00
Pelat atap tipe 1	2400		2.35	4.5		0.12	64	194918.40
Dinding h=2 m	600		2	0.15	207.124			37282.32
Plafond		12.4	36					446.40
Plumbing		15	36					540.00
Instalasi Listrik		9	36					324.00
Aspal		10.5	36					378.00
Total Berat Struktur W7								244035.12

[illegible]

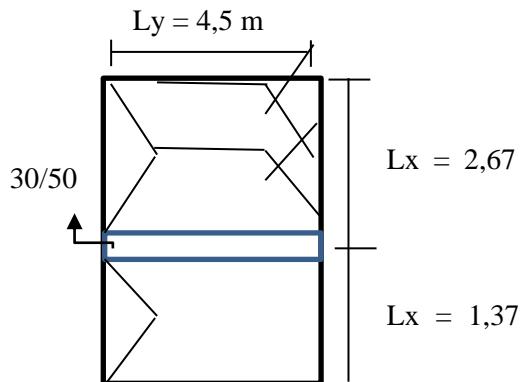
Total Berat W7	248373
----------------	--------

H. Perhitungan Manual Balok Dan Kolom

Balok yang ditinjau As 4 Joint A-B :



Sketsa :



Perhitungan beban pada pelat

- Beban mati = 398 kg/m²

Beban Mati			
Berat pelat (12cm)=	288	kg/m ²	
Berat keramik (t=1=	17.19	kg/m ²	
Berat spesi (t=2cm=	42	kg/m ²	
Plafond kalsiboard =	6.39	kg/m ²	
Plumbing (PPIUG =	25	kg/m ²	
Mekanikal Elektrik =	19	kg/m ²	
Total	397.58	kg/m²	

- Beban hidup
= 287 kg/m² + 96 kg/m²
= 383 kg/m²
- Perhitungan beban pada balok

- Beban mati

- Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{L_x}{L_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 398 \times 1,37 \times \left(3 - \left\{ \frac{1,37}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 263,9 \text{ kg/m}$$

- beban merata kanan

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{L_x}{L_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 398 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 468,5 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400$$

$$q = 360 \text{ kg/m}$$

- Total

$$q = 468,5 + 263,9 + 360$$

$$q = 1092,4 \text{ kg/m}$$

○ Beban hidup

▪ Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} qd \times Lx \times \left(3 - \left\{ \frac{lx}{ly} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 383 \times 1,37 \times \left(3 - \left\{ \frac{1,37}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 254,25 \text{ kg/m}$$

▪ Beban merata kanan

$$q = \frac{1}{6} qd \times Lx \times \left(3 - \left\{ \frac{lx}{ly} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 383 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 451,3 \text{ kg/m}$$

▪ Total

$$q = (254,25 + 451,3) \times 0,3$$

$$q = 211,67 \text{ kg/m}$$

○ Beban Ultimate

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(1092,4) + 1,6(211,67)$$

$$q = 1649,6 \text{ kg/m}$$

PERHITUNGAN MOMEN

$$\text{Momen Tumpuan} = 2783,7 \text{ kgm}$$

$$\frac{1}{12} \times q \times l^2 = \frac{1}{12} \times 1649,6 \text{ kg/m} \times 4,5\text{m}^2 = 2783,7 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen Tumpuan} = 2231 \text{ kgm}$$

$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1,6L + 0,5R$$

Resultant Moment



Moment M3
-2231.00 Kgf-m
at 0.00000 m

$$\text{Momen Lapangan} = 1391,85 \text{ kgm}$$

$$\frac{1}{24} \times q \times l^2 = \frac{1}{24} \times 1649,6 \text{ kg/m} \times 4,5\text{m}^2 = 1391,85 \text{ kgm}$$

Momen Lapangan SAP = 1421,98 kgm

Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5R



PERHITUNGAN GESER

$$V_u = \frac{1}{2} \times q \times l = \frac{1}{2} \times 1649,6 \text{ kg/m} \times 4,5\text{m} = 3711,6 \text{ kg}$$

Gaya Geser SAP = 2625,66 kg

Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5R



Kesimpulan

Momen Tumpuan Balok

Perhitungan Manual = 2783,7 kgm

Perhitungan SAP = 2231 kgm

Presentase : Perhitungan SAP = 81 % Perhitungan Manual

Momen Lapangan Balok

Perhitungan Manual = 1391,85 kgm

Perhitungan SAP = 1421,98 kgm

Presentase : Perhitungan Manual = 97 % Perhitungan SAP

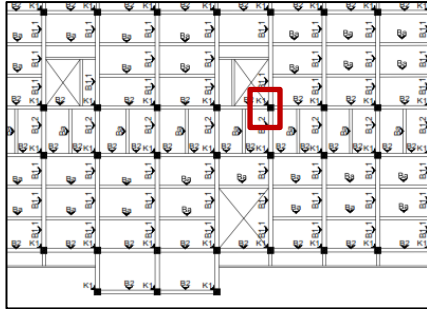
Gaya Geser Balok

Perhitungan Manual = 3711,6 kg

Perhitungan SAP = 2625,66 kg

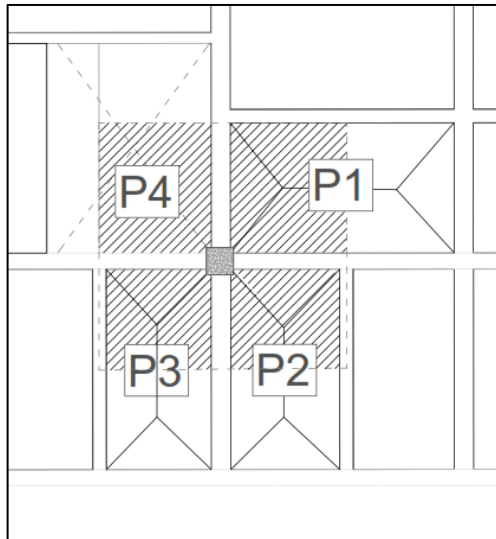
Presentase : Perhitungan SAP = 71 % Perhitungan Manual

Kolom yang ditinjau : As J Joint 2



Perhitungan kolom Lantai 1-4

Sketsa :



- **Perhitungan beban pada pelat P1**

Beban Mati			
Berat pelat (12cm) =		288	kg/m ²
Berat keramik (t=1 =		17.19	kg/m ²
Berat spesi (t=2cm =		42	kg/m ²
Plafond kalsiboard =		6.39	kg/m ²
Plumbing (PPIUG =		25	kg/m ²
Mekanikal Elektrik =		19	kg/m ²
Total		397.58	kg/m²

- Beban mati = 398 kg/m²
- Beban hidup = 479 kg/m²

- **Perhitungan beban pada balok**

1. Beban Trapesium

- Beban Mati Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 398 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 468,68 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton} \times 1/2$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 468,68 + 180 = 648,48 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 479 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 564,42 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Trapesium

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(648,48) + 1,6(564,42)$$

$$q = 1681,25 \text{ kg/m} \times 4,5 \text{ m}$$

$$Q = 7565,62 \text{ kg}$$

2. Beban Segitiga

- Beban mati Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 398 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 936,97 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 273 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 936,97 + 273 = 1209,97 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 383 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 1128,85 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Segitiga

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(1209,97) + 1,6(1128,85)$$

$$q = 3258,12 \text{ kg/m} \times 2,67 \text{ m}$$

$$Q = 8699,18 \text{ kg}$$

- **Perhitungan beban pada pelat P2 dan P3**

- Beban mati = 398 kg/m²
- Beban hidup = 479 kg/m²

- **Perhitungan beban pada balok**

1. Beban Trapesium

- Beban Mati Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 398 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 400,1 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times B_J \text{ beton} \times 1/2$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 273 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 400,1 + 273 = 673,1 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 383 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 482,04 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Trapesium

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(673,1) + 1,6(482,04)$$

$$q = 1578,98 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m}$$

$$Q = 6315,92 \text{ kg}$$

2. Beban Segitiga

- Beban Mati Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 398 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 800,21 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 800,21 + 180 = 980,21 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 383 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 964,08 \text{ kg/m}$$

- **Beban Ultimate Segitiga**

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(980,21) + 1,6(964,08)$$

$$q = 2718,78 \text{ kg/m} \times 2,25 \text{ m}$$

$$Q = 6117,25 \text{ kg}$$

- **Perhitungan beban balok pada area void**

Berat sendiri balok 1

$$q = b \times h \times BJ \text{ beton}$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times \frac{1}{2}$$

$$q = 180 \text{ kg/m} \times 2,25 \text{ m}$$

$$Q = 405 \text{ kg}$$

Berat sendiri balok 2

$$q = b \times h \times BJ \text{ beton}$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times \frac{1}{2}$$

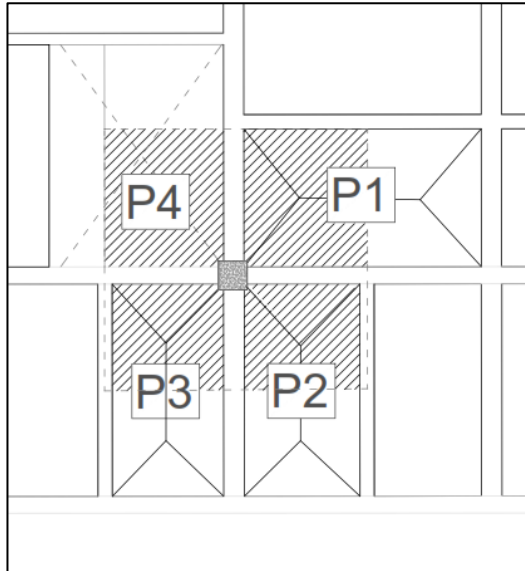
$$q = 273 \text{ kg/m} \times 2,67 \text{ m}$$

$$Q = 728,91 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 405 + 728,91 = 1133,91 \text{ kg}$$

Perhitungan kolom Lantai 5

Sketsa :



• Perhitungan beban pada pelat P1

Beban Mati			
Berat pelat (12cm) = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	=	288	kg/m^2
Berat aspal	=	10.5	kg/m^2
Plafond kalsiboard 4.5 (1,2x2,4)m 18 kg (BROSUR)	=	6.39	kg/m^2
Plumbing (PPIUG 1983)	=	25	kg/m^2
Mekanikal Elektrikal (ASCE 7)	=	19	kg/m^2
Total		348.89	kg/m^2

- Beban mati = 349 kg/m^2
- Beban hidup = 121 kg/m^2

• Perhitungan beban pada balok

1. Beban Trapesium

- Beban Mati Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 349 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 411,24 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times B_J \text{ beton} \times 1/2$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 411,24 + 180 = 591,24 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 121 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 142,58 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Trapesium

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(591,24) + 1,6(142,58)$$

$$q = 937,6 \text{ kg/m} \times 4,5 \text{ m}$$

$$Q = 4219,3 \text{ kg}$$

2. Beban Segitiga

- Beban mati Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 349 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 822,48 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 273 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 822,48 + 273 = 1095,48 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 121 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 285,16 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Segitiga

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(1095,48) + 1,6(285,16)$$

$$q = 3258,12 \text{ kg/m} \times 2.67 \text{ m}$$

$$Q = 1770,83 \text{ kg}$$

- **Perhitungan beban pada pelat P2 dan P3**

- Beban mati = 349 kg/m^2

- Beban hidup = 121 kg/m^2

- **Perhitungan beban pada balok**

1. Beban Trapesium

- Beban Mati Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 349 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 351,22 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times B_J \text{ beton} \times 1/2$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 273 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 351,22 + 273 = 624,22 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 121 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 121,77 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Trapesium

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(624,22) + 1,6(121,77)$$

$$q = 943,89 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m}$$

$$Q = 3775,6 \text{ kg}$$

2. Beban Segitiga

- Beban Mati Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 349 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 702,43 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton}$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 702,43 + 180 = 882,43 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 121 \times 2,25 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,25}{4} \right\}^2 \right)$$

$$q = 243,54 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Segitiga

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(882,43) + 1,6(243,54)$$

$$q = 1448,58 \text{ kg/m} \times 2,25 \text{ m}$$

$$Q = 3621,45 \text{ kg}$$

- **Perhitungan beban balok pada area void**

Berat sendiri balok 1

$$q = b \times h \times BJ \text{ beton}$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times \frac{1}{2}$$

$$q = 180 \text{ kg/m} \times 2,25 \text{ m}$$

$$Q = 405 \text{ kg}$$

Berat sendiri balok 2

$$q = b \times h \times BJ \text{ beton}$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times \frac{1}{2}$$

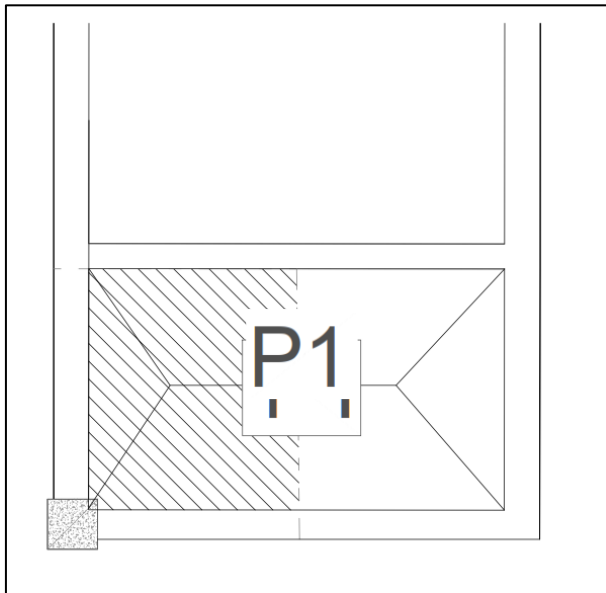
$$q = 273 \text{ kg/m} \times 2,67 \text{ m}$$

$$Q = 728,91 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 405 + 728,91 = 1133,91 \text{ kg}$$

Perhitungan kolom Lantai Atap

Sketsa :



- **Perhitungan beban pada pelat P1**

Beban Mati		
Berat pelat (12cm) = 0,12 m x 2400 kg/m ³	=	288 kg/m ²
Berat aspal	=	10.5 kg/m ²
Plafond kalsiboard 4.5 (1,2x2,4)m 18 kg (BROSUR)	=	6.39 kg/m ²
Plumbing (PPIUG 1983)	=	25 kg/m ²
Mekanikal Elektrikal (ASCE 7)	=	19 kg/m ²
Total		348.89 kg/m²

- Beban mati = 349 kg/m²
- Beban hidup = 121 kg/m²

- **Perhitungan beban pada balok**

1. Beban Trapesium

- Beban Mati Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 349 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 411,24 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times \text{BJ beton} \times 1/2$$

$$q = 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 411,24 + 180 = 591,24 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Trapesium

Beban merata kiri

$$q = \frac{1}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{1}{6} 121 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 142,58 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Trapesium

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(591,24) + 1,6(142,58)$$

$$q = 937,6 \text{ kg/m} \times 4,5 \text{ m}$$

$$Q = 4219,3 \text{ kg}$$

2. Beban Segitiga

- Beban mati Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_d \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 349 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 822,48 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$q = b \times h \times BJ \text{ beton}$$

$$q = 0,35 \times 0,65 \times 2400 \times 1/2$$

$$q = 273 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 822,48 + 273 = 1095,48 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup Segitiga

Beban merata kiri

$$q = \frac{2}{6} q_l \times L_x \times \left(3 - \left\{ \frac{l_x}{l_y} \right\}^2 \right)$$

$$q = \frac{2}{6} 121 \times 2,67 \times \left(3 - \left\{ \frac{2,67}{4,5} \right\}^2 \right)$$

$$q = 285,16 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate Segitiga

$$q = 1,2D + 1,6L$$

$$q = 1,2(1095,48) + 1,6(285,16)$$

$$q = 3258,12 \text{ kg/m} \times 2.67 \text{ m}$$

$$Q = 1770,83 \text{ kg}$$

Perhitungan Luasan Tributari Kolom :

Luasan kolom Lantai 2-4

1 Segitiga P1 + 1 Trapesium P1 +2 Segitiga P2 +2 Trapesium P2
+ Berat sendiri balok P4

$$= 7565,62 \text{ kg} + 8699,18 \text{ kg} + (2 \times 6315,92 \text{ kg}) + (2 \times 6117,25 \text{ kg}) + 1133,91 \text{ kg}$$

$$= 42.271,05 \text{ kg} \times \text{jumlah lantai}$$

$$= 42.271,05 \text{ kg} \times 4$$

$$= 169.084,2 \text{ kg}$$

Luasan kolom Lantai 5

1 Segitiga P1 + 1 Trapesium P1 +2 Segitiga P2 +2 Trapesium P2
+ Berat sendiri balok P4

$$= 4219,3 \text{ kg} + 1770,83 \text{ kg} + (2 \times 3775,6 \text{ kg}) + (2 \times 3621,45 \text{ kg}) + 1133,91 \text{ kg}$$

$$= 21924,14 \text{ kg} \times \text{jumlah lantai}$$

$$= 21924,14 \text{ kg} \times 1$$

$$= 21.924,14 \text{ kg}$$

Luasan kolom Atap

1 Segitiga P1 + 1/2 Trapesium P1

$$= 1770,83 \text{ kg} + (1/2 \times 4219,3 \text{ kg})$$

$$= 3.880,48 \text{ kg}$$

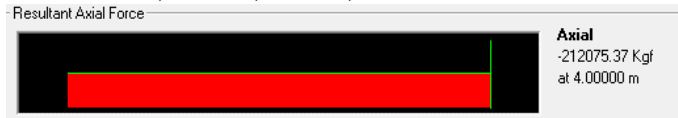
$$\begin{aligned} \text{Jumlah total} &= 169.084,2 \text{ kg} + 21.924,14 \text{ kg} + 3.880,48 \text{ kg} \\ &= 194.888,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kesimpulan

Perhitungan Manual Gaya Aksial Kolom = 194.888,82 kg

Gaya Aksial Kolom SAP = 212.075,37 Kg

Kombinasi 1,2 D + 1,6 L + 0,5 R



Presentase : Perhitungan Manual = 92 % Perhitungan SAP

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto, 31 Oktober 1996, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Penulis bernama lengkap Okta Lailia Rahmawati ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Aisyah VIII Mojokerto, SDI Al- Azahar Mojokerto, SMPN 3 Peterongan Jombang, dan SMAN 1 Sooko Mojokerto. Setelah lulus dari SMAN 1 Sooko Mojokerto tahun 2015, Penulis mengikuti tes masuk DIII Reguler ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000063. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis juga aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) ITS 2016/2017 dan beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen dan Institut.



Penulis dilahirkan di Surabaya, 12 Oktober 1996, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis bernama lengkap Nizarrahman Noor ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharmawanita Wage Sidoarjo, SDN Wage 2 Sidoarjo, SMPN 5 Sidoarjo, dan SMAN 2 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMAN 2 Sidoarjo tahun 2015, Penulis mengikuti tes masuk DIII Reguler ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000077. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis juga aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) ITS 2016/2017, Jamaah Masjid Al-Azhar ITS 2016/2017 dan 2017/2018, UKM Musik ITS 2016/2017 dan beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen dan Instituit.

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

OKTA LAILIA RAHMAWATI
NRP. 10111500000063

NIZARRAHMAN NOOR
NRP.10111500000077

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
NIP.19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
NIP.19840919 201504 1 001

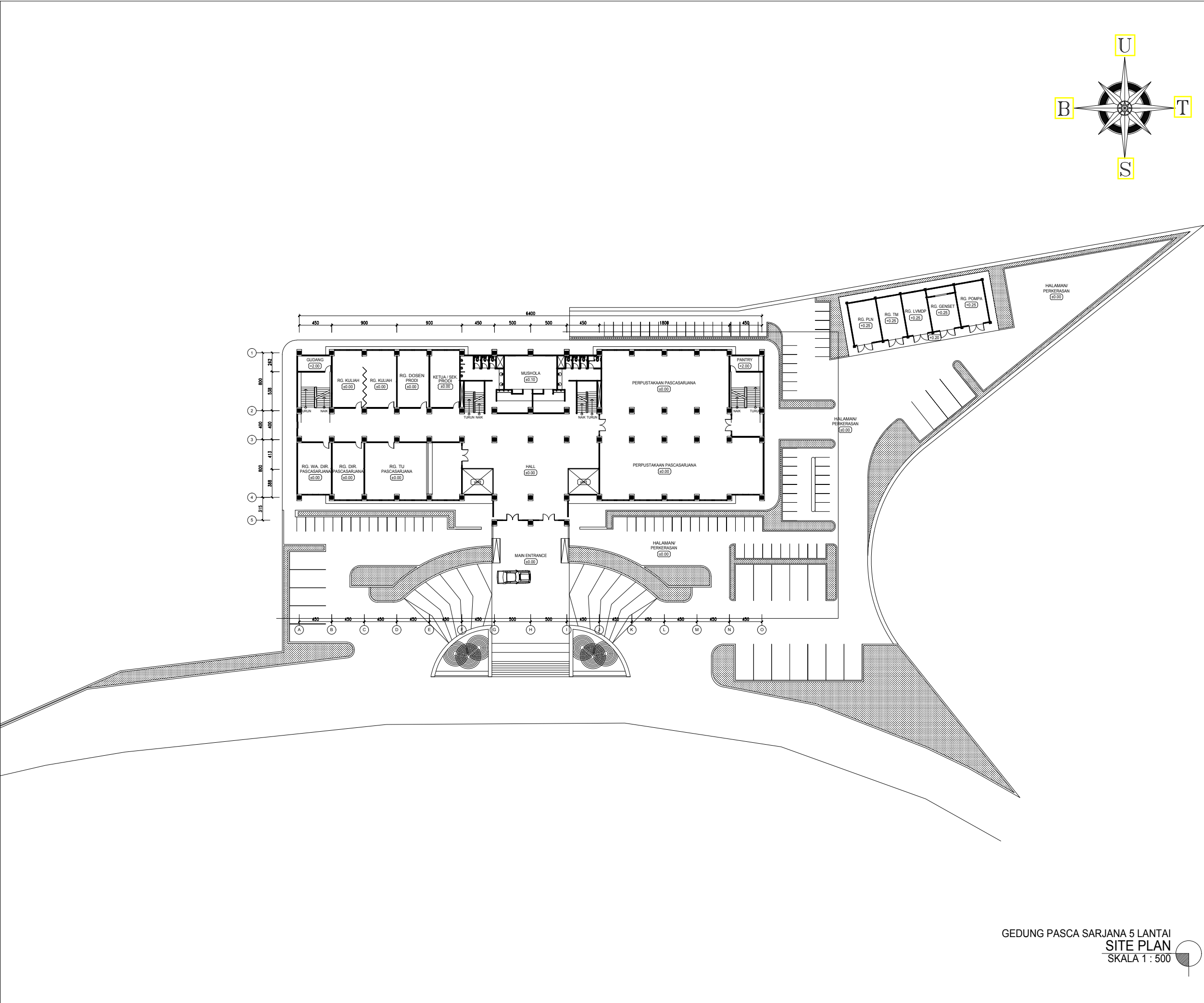
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DAFTAR GAMBAR

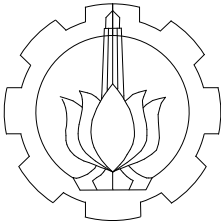
NAMA GAMBAR	KODE NOMOR	SKALA
1. SITE PLAN	ARS - 01	NTS
2. DENAH LANTAI 1	ARS - 02	1 : 250
3. DENAH LANTAI 2	ARS - 03	1 : 250
4. DENAH LANTAI 3	ARS - 04	1 : 250
5. DENAH LANTAI 4	ARS - 05	1 : 250
6. DENAH LANTAI 5	ARS - 06	1 : 250
7. DENAH LANTAI ATAP	ARS - 07	1 : 250
8. TAMPAK SAMPING	ARS - 08	1 : 125
9. TAMPAK DEPAN	ARS - 09	1 : 250
10. POTONGAN AA	ARS - 10	1 : 250
11. POTONGAN BB	ARS - 11	1 : 250
12. DENAH SLOOF DAN KOLOM	STR - 01	1 : 250
13. DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 2	STR - 02	1 : 250
14. DENAH PLAT LANTAI 2	STR - 03	1 : 250
15. DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 3	STR - 04	1 : 250
16. DENAH PLAT LANTAI 3	STR - 05	1 : 250
17. DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 4	STR - 06	1 : 250
18. DENAH PLAT LANTAI 4	STR - 07	1 : 250
19. DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 5	STR - 08	1 : 250
20. DENAH PLAT LANTAI 5	STR - 09	1 : 250
21. DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI ATAP	STR - 10	1 : 250
22. DENAH PLAT LANTAI ATAP	STR - 11	1 : 250
23. DETAIL PENULANGAN BALOK	STR - 12	1 : 30

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	KODE NOMOR	SKALA
24. DETAIL PENULANGAN SLOOF DAN KOLOM	STR - 13	1 : 30
25. DETAIL PENULANGAN DAN POTONGAN PLAT TYPE 1	STR - 14	1 : 100
26. DETAIL PENULANGAN DAN POTONGAN PLAT TYPE 2	STR - 15	1 : 100
27. DETAIL PENULANGAN DAN POTONGAN PLAT TYPE 3	STR - 16	1 : 100
28. DETAIL PENULANGAN DAN POTONGAN PLAT TYPE 4 & 5	STR - 17	1 : 100
29. DENAH TANGGA 1	STR - 18	1 : 25
30. POTONGAN A & B TANGGA 1	STR - 19	1 : 50
31. POTONGAN A & B TANGGA 1 LT. 1-5	STR - 20	1 : 100
32. PENULANGAN TANGGA 1	STR - 21	1 : 50
33. DENAH TANGGA 2	STR - 22	1 : 25
34. POTONGAN A & B TANGGA 2	STR - 23	1 : 50
35. POTONGAN A & B TANGGA 2 LT. 1-5	STR - 24	1 : 100
36. PENULANGAN TANGGA 2	STR - 25	1 : 50
37. PORTAL MELINTANG AS H	STR - 26	1 : 125
38. PORTAL MEMANJANG AS 3	STR - 27	1 : 250
39. DETAIL C - D - E	STR - 28	1 : 40
40. DETAIL F	STR - 29	1 : 25
41. DETAIL G	STR - 30	1 : 25
42. DETAIL KOLOM AS 3	STR - 31	1 : 50
43. BESTAT KOLOM LT. 0-2	STR - 32	1 : 250
44. BESTAT KOLOM LT. 2-5	STR - 33	1 : 250
45. BESTAT KOLOM LT. 5-ATAP	STR - 34	1 : 250



GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
SITE PLAN
SKALA 1 : 500



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D 19630726 198903 1 003

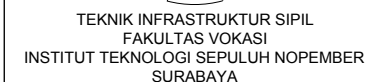
DOSEN PEMBIMBING II	AFF NAVIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	--

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- 1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - 2. Jumlah lantai : 5
 - 3. Panjang bangunan : 20 m
 - 4. Lebar bangunan : 64 m
 - 5. Jenis tanah : Tanah sedang
 - 6. Zona gempa : 2
 - 7. Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - 8. Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - 9. Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		S K A L A
1. SITE PLAN		1 : 500
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	01	51



KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 005
--------------------	---

DOSEN PEMBIMBING II	AFIF NAVIR REFANI, ST., MT. 19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

MENGETAHUI:		
NAMA MAHASISWA 1		

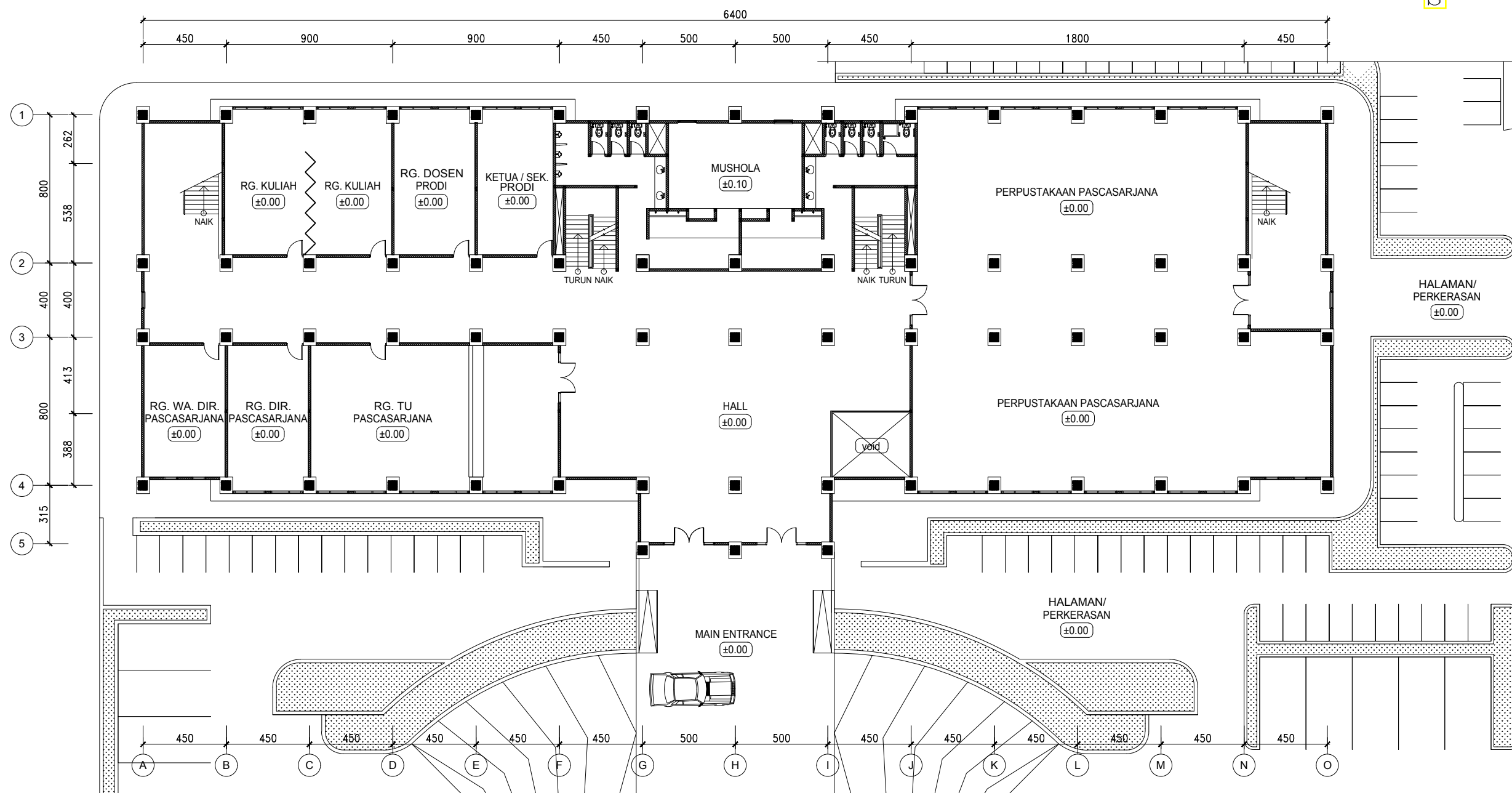
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 10111500000077
------------------	------------------------------------

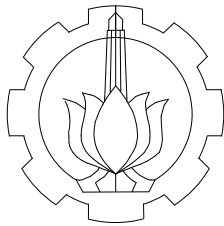
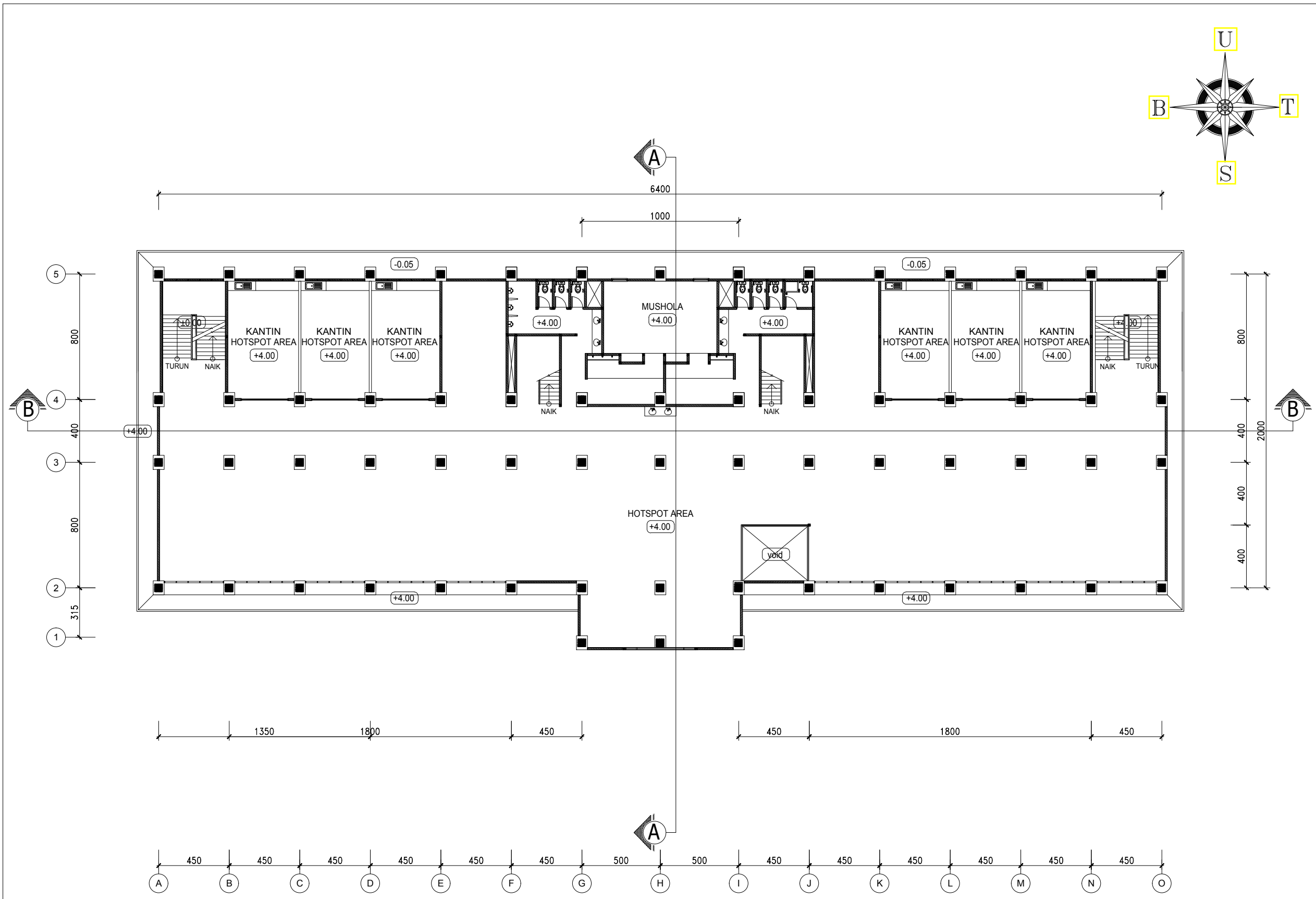
KETERANGAN TAMBAHAN

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. Fungsi bangunan | : Gedung perkuliahan |
| 2. Jumlah lantai | : 5 |
| 3. Panjang bangunan | : 20 m |
| 4. Lebar bangunan | : 64 m |
| 5. Jenis tanah | : Tanah sedang |
| 6. Zona gempa | : 2 |
| 7. Mutu beton (f_c') | : 30 Mpa |
| 8. Mutu baja lentur (f_y) | : 400 Mpa |
| 9. Mutu baja geser (f_y) | : 240 Mpa |

NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH LT. 1		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	02	51



GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
DENAH LANTAI 1
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
101150000063

MENGETAHUI

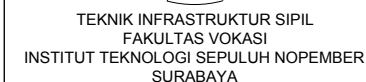
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
1. DENAH LT. 2		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	03	51

GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
DENAH LANTAI 2
SKALA 1 : 250



KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

	MENGETAHUI
--	------------

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1

OKTA LAILIA RAHMAWATI
10111500000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2

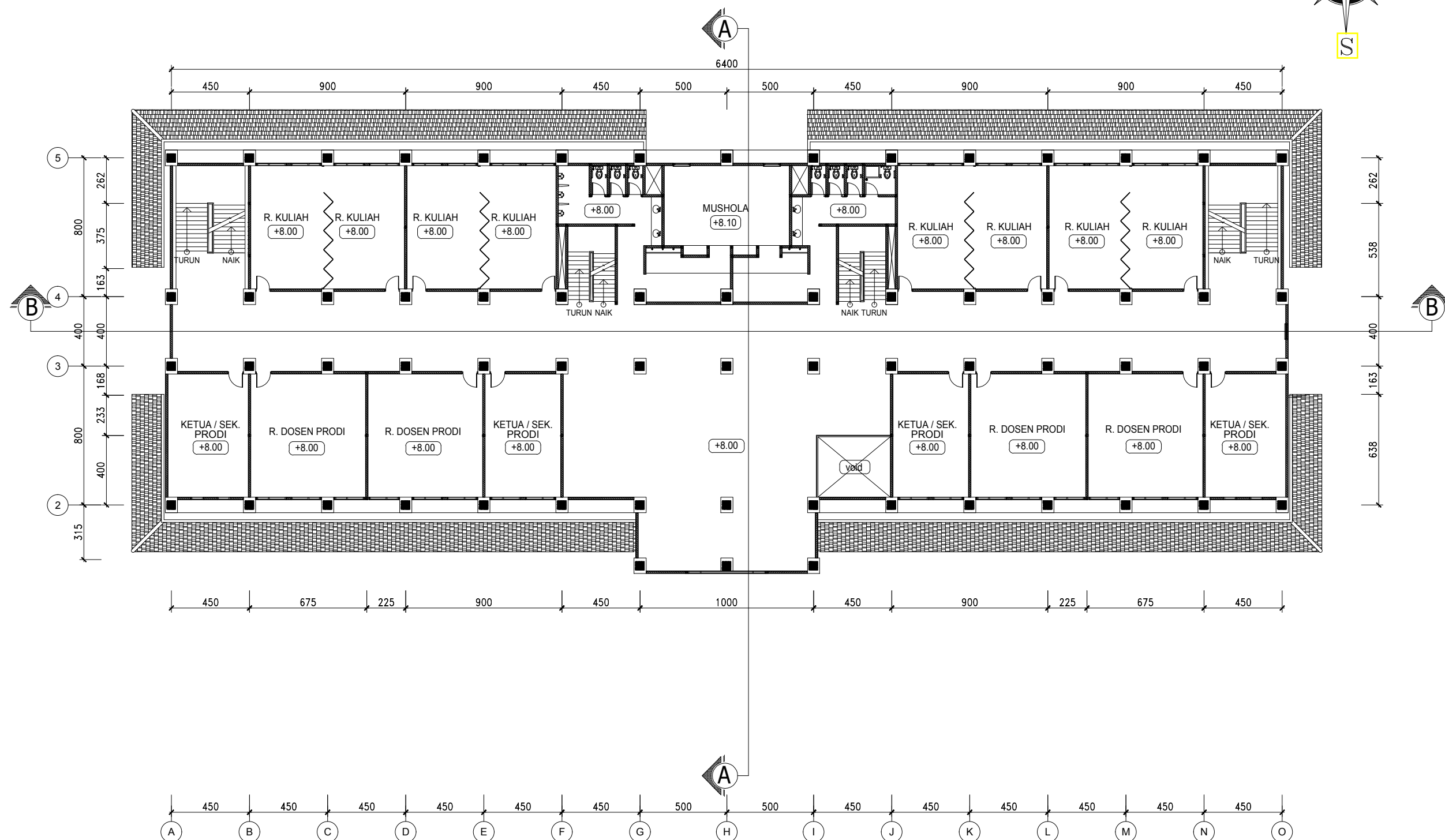
NIZARRAHMAN NOOR
10111500000077

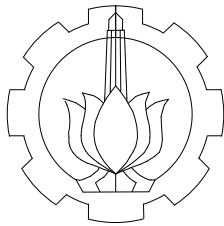
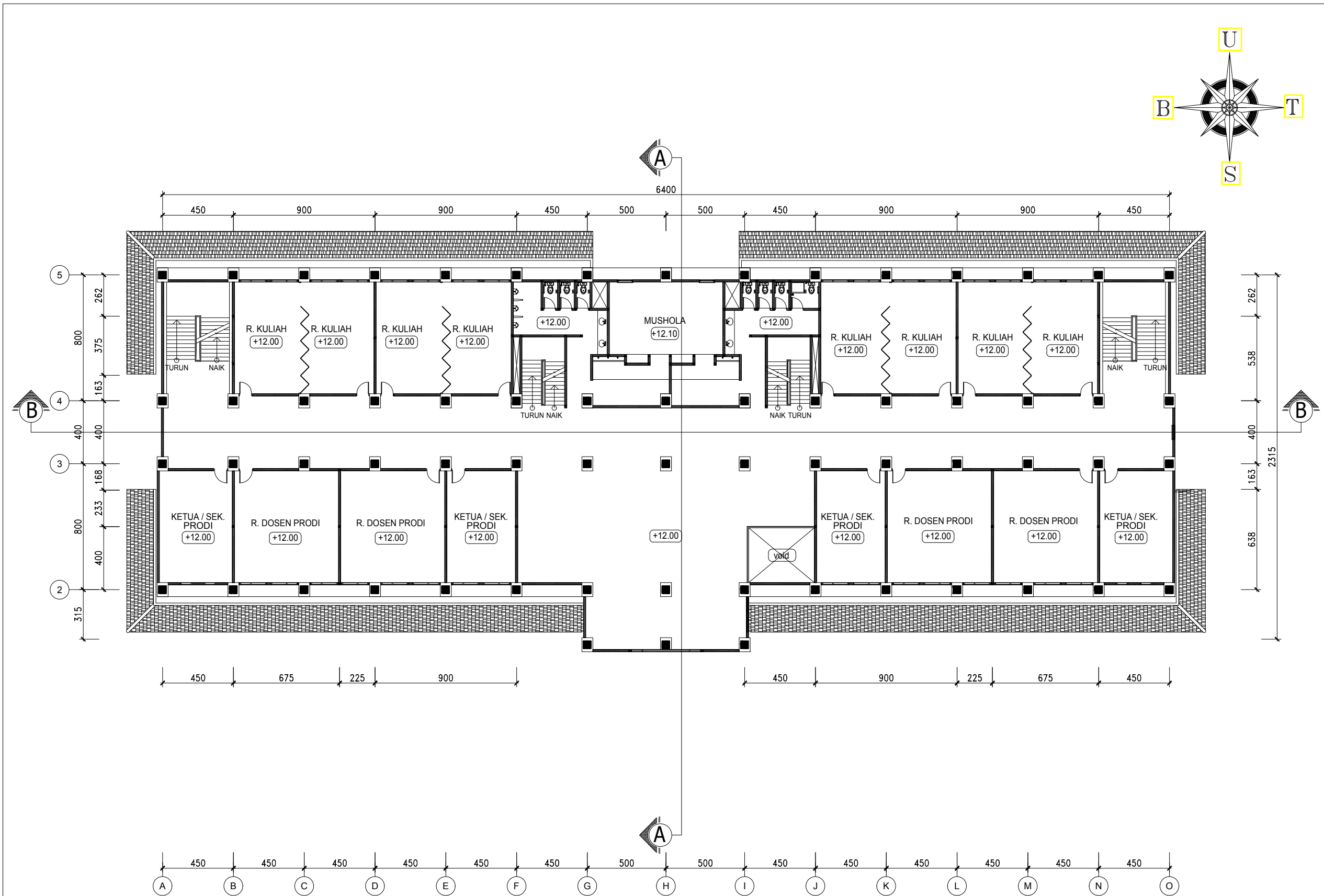
KETERANGAN TAMBAHAN

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. Fungsi bangunan | : Gedung perkuliahan |
| 2. Jumlah lantai | : 5 |
| 3. Panjang bangunan | : 20 m |
| 4. Lebar bangunan | : 64 m |
| 5. Jenis tanah | : Tanah sedang |
| 6. Zona gempa | : 2 |
| 7. Mutu beton (f_c') | : 30 Mpa |
| 8. Mutu baja lentur (f_y) | : 400 Mpa |
| 9. Mutu baja geser (f_y) | : 240 Mpa |

NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH LT. 3		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	04	51

GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
DENAH LANTAI 3
SKALA 1 : 250





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

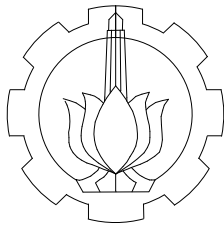
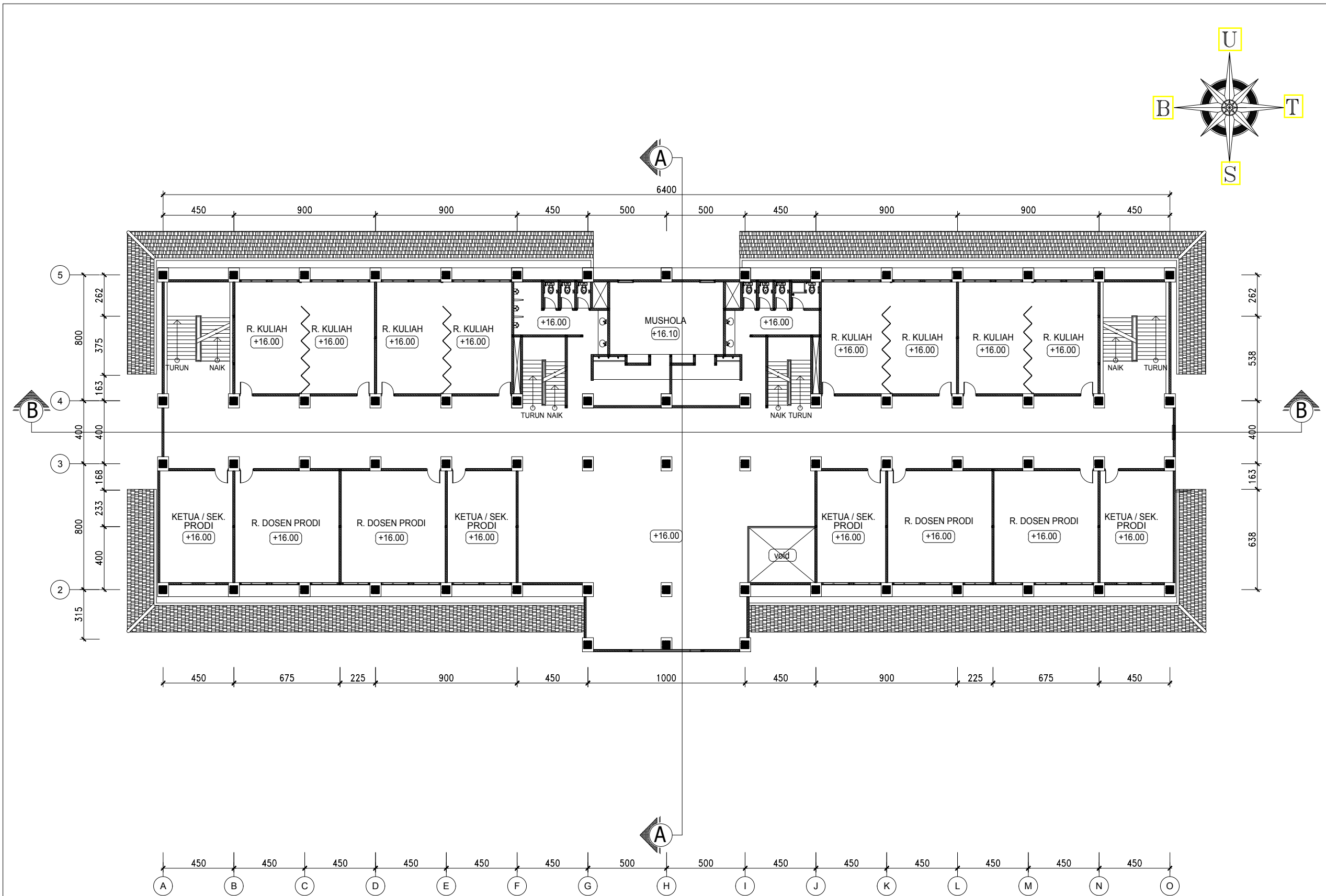
NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
1. DENAH LT. 4		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	05	51

GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
DENAH LANTAI 4
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIE NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

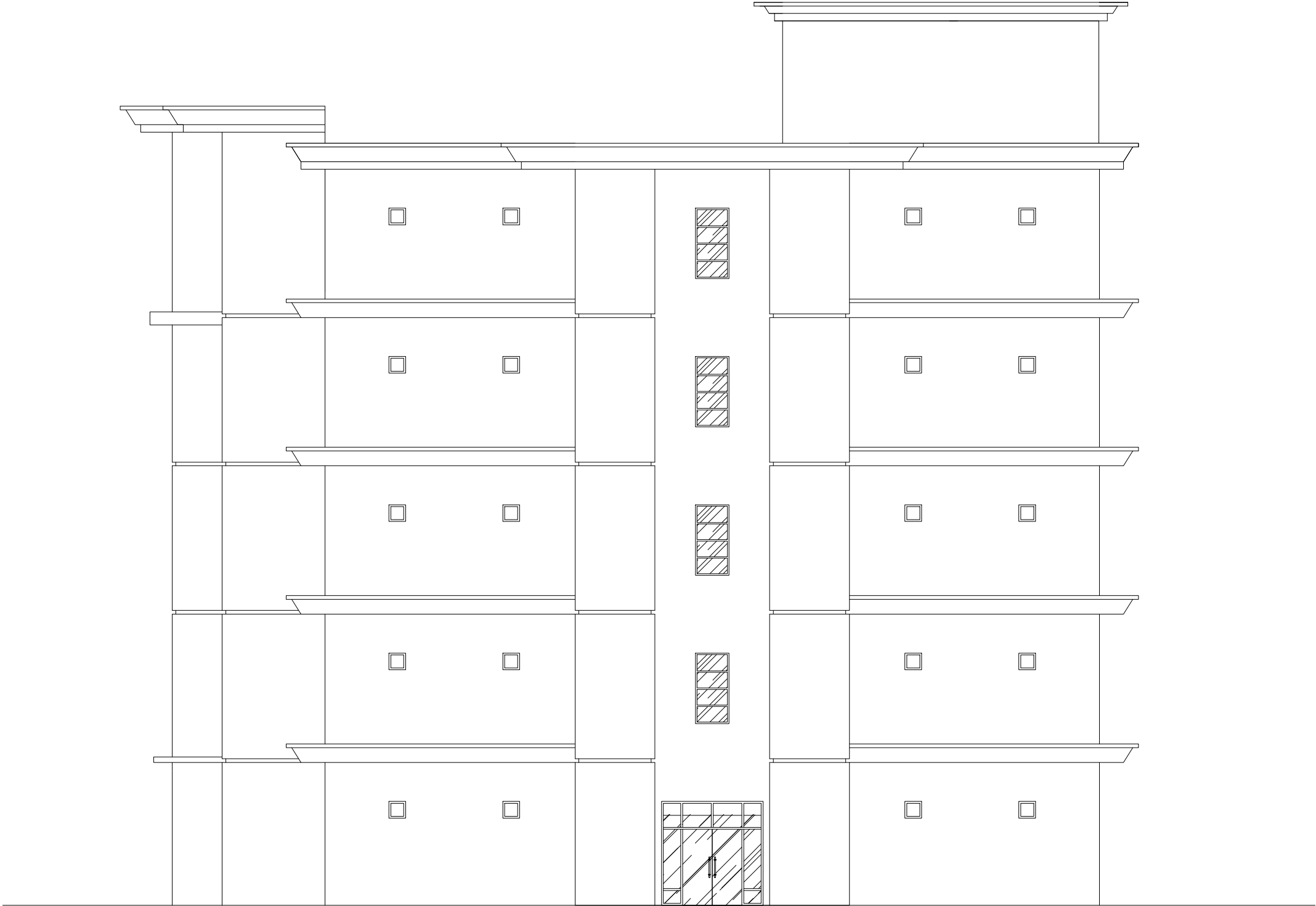
NAMA MAHASISWA 2
WIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

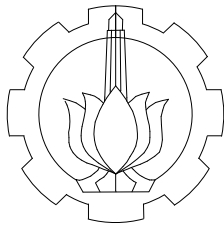
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH LT. 5		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	06	51

GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
DENAH LANTAI 5
SKALA 1 : 250



GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
TAMPAK SAMPIING
SKALA 1 : 125



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

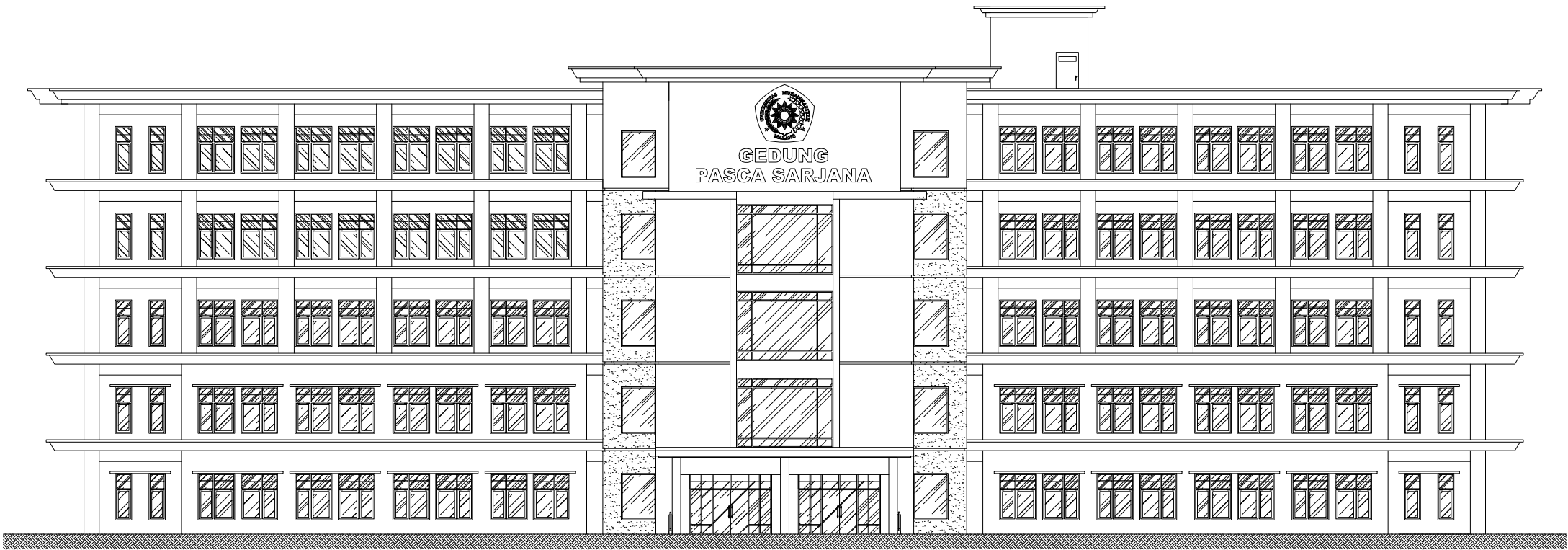
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMATI
1011150000063

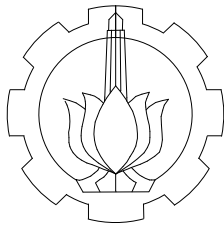
MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		S K A L A
1. TAMPAK SAMPIING		1 : 125
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	08	51



GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
TAMPAK DEPAN
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

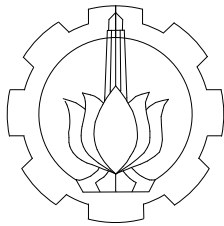
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
1. TAMPAK DEPAN		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	09	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003
--------------------	---

DOSEN PEMBIMBING II	AFF NAVIR REFANI, ST., MT. 19840919 201504 1 001
---------------------	---

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063
------------------	--

MENGETAHUI

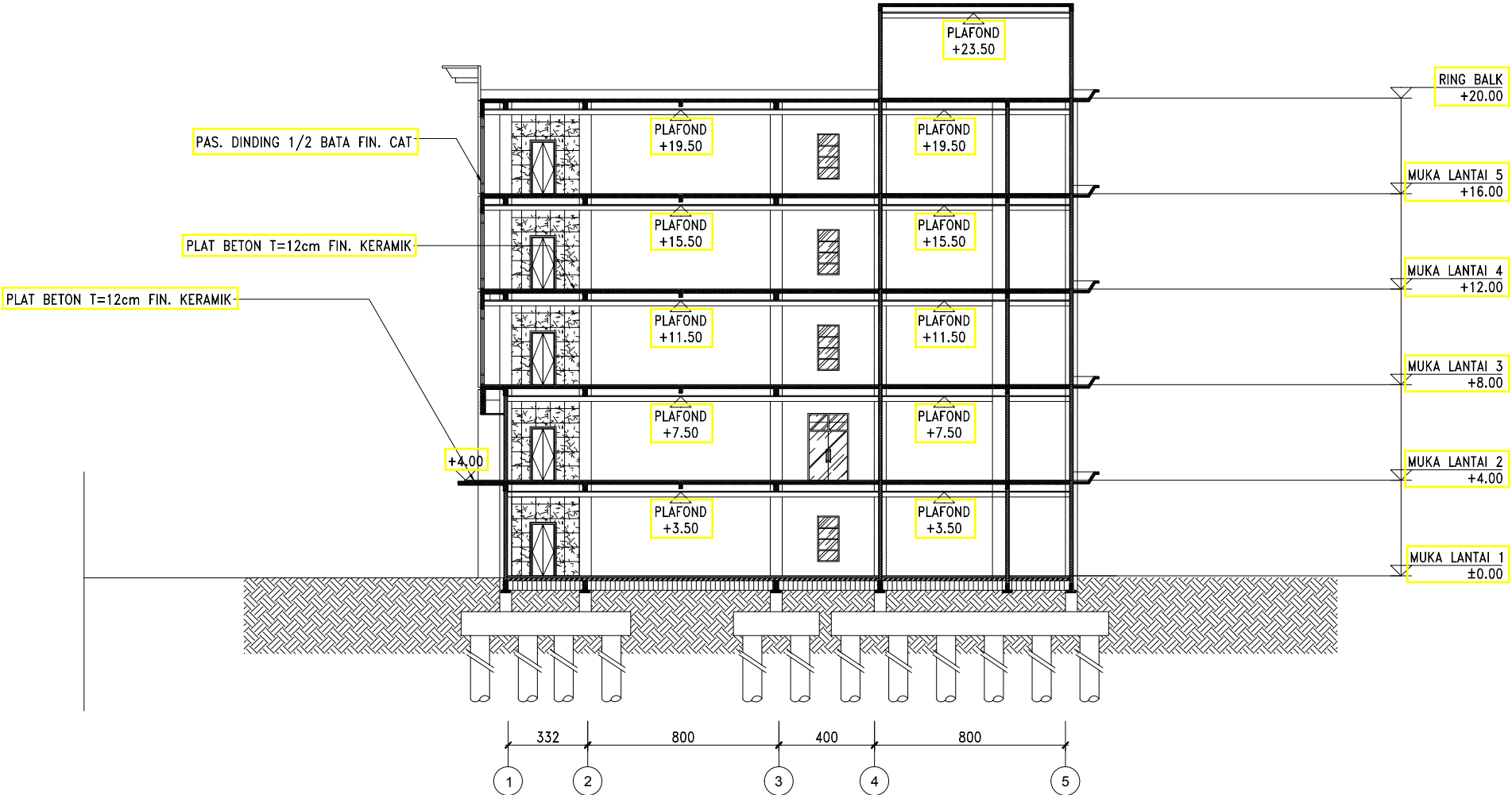
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077
------------------	-----------------------------------

KETERANGAN TAMBAHAN

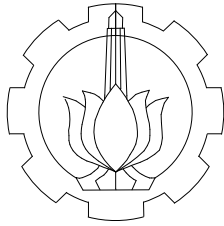
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. POTONGAN A-A	1 : 250

KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	10	51



GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
POTONGAN A-A
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

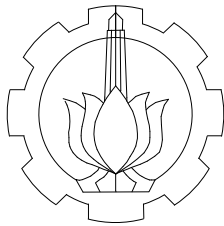
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
1. POTONGAN B-B		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
ARS	11	51



GEDUNG PASCA SARJANA 5 LANTAI
POTONGAN B-B
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
WIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR

SKALA

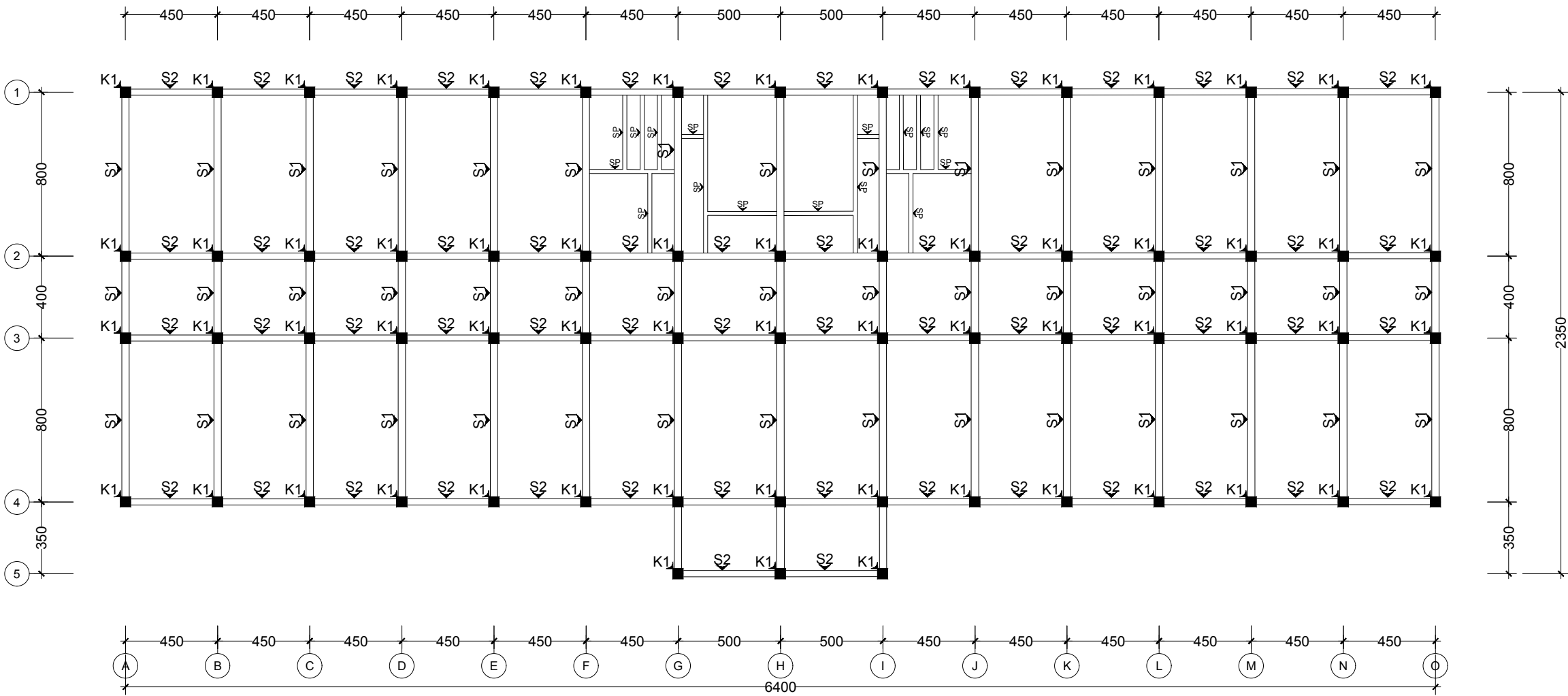
1. DENAH SLOOF 1 : 250

KODE GAMBAR

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

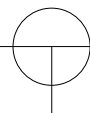
STR 01 51

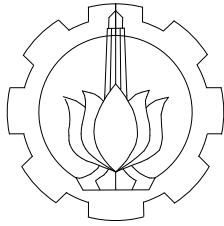


LEGENDA :

- S1** : SLOOF 35 X 65 CM
S2 : SLOOF 30 X 45 CM
SP : SLOOF 15 X 20 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH SLOOF & KOLOM (T.O.C +0.00)
SKALA 1 : 250





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

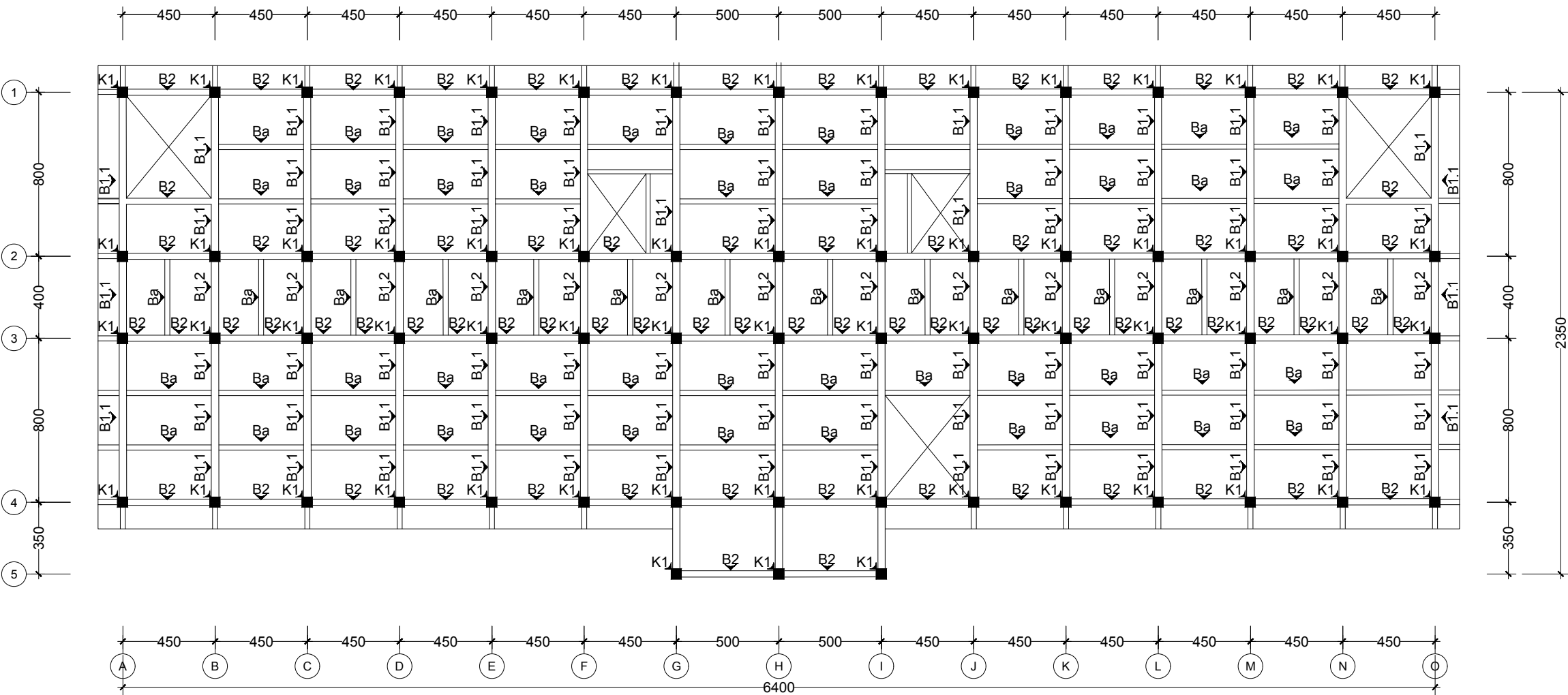
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

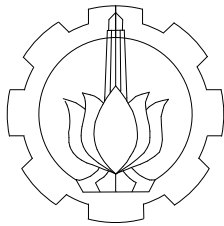
NAMA GAMBAR		SKALA
1. DENAH BALOK & KOLOM LT. 2		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	02	51



LEGENDA :

- B1** : BALOK 35 X 65 CM
B2 : BALOK 30 X 45 CM
B3 : BALOK 15 X 20 CM
B4 : BALOK 30 X 40 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH BALOK & KOLOM LT. 2 (T.O.C +4.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

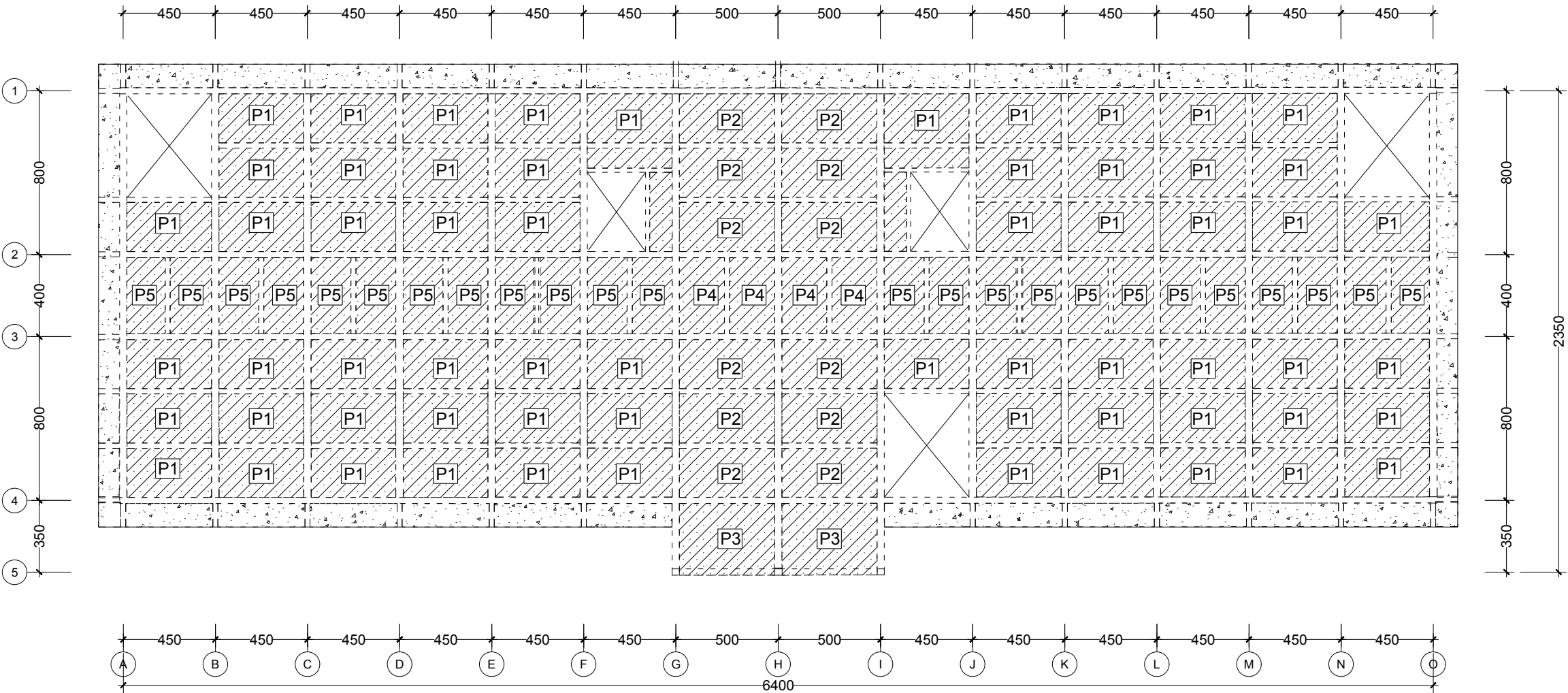
NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. DENAH PLAT LT. 2	1 : 250

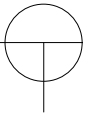
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	03	51

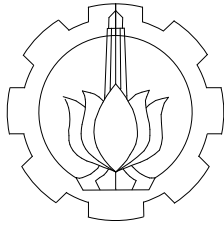


LEGENDA :

- P1** : PLAT 235 X 450 CM
P2 : PLAT 235 X 500 CM
P3 : PLAT 350 X 500 CM
P4 : PLAT 225 X 400 CM
P5 : PLAT 200 X 400 CM

DENAH PLAT LT. 2 (T.O.C +4.00)
SKALA 1 : 250





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

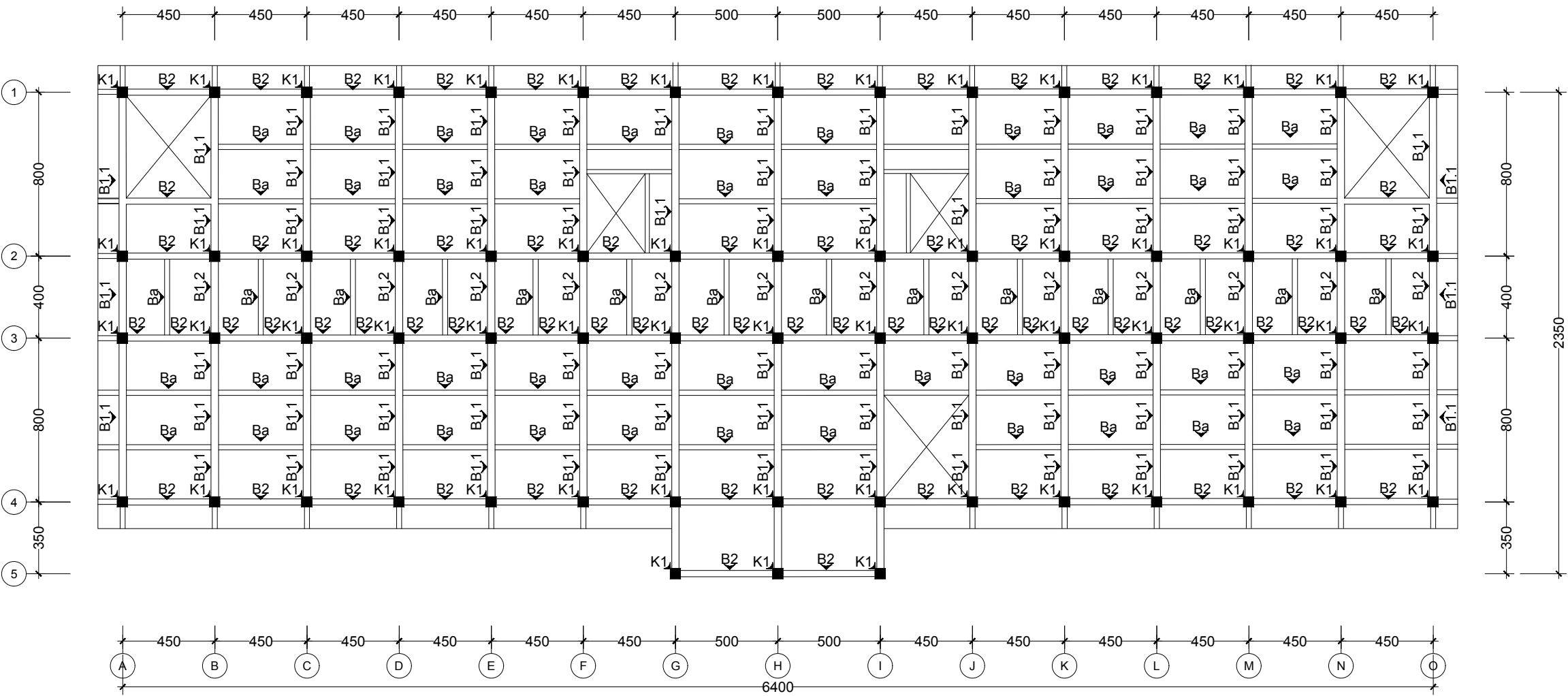
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

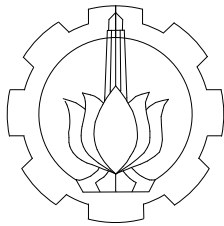
NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH BALOK & KOLOM LT. 3		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	04	51



LEGENDA :

- B1** : BALOK 35 X 65 CM
B2 : BALOK 30 X 45 CM
B3 : BALOK 15 X 20 CM
B4 : BALOK 30 X 40 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH BALOK & KOLOM LT. 3 (T.O.C +8.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 1963/07/26 1989/03 1 003

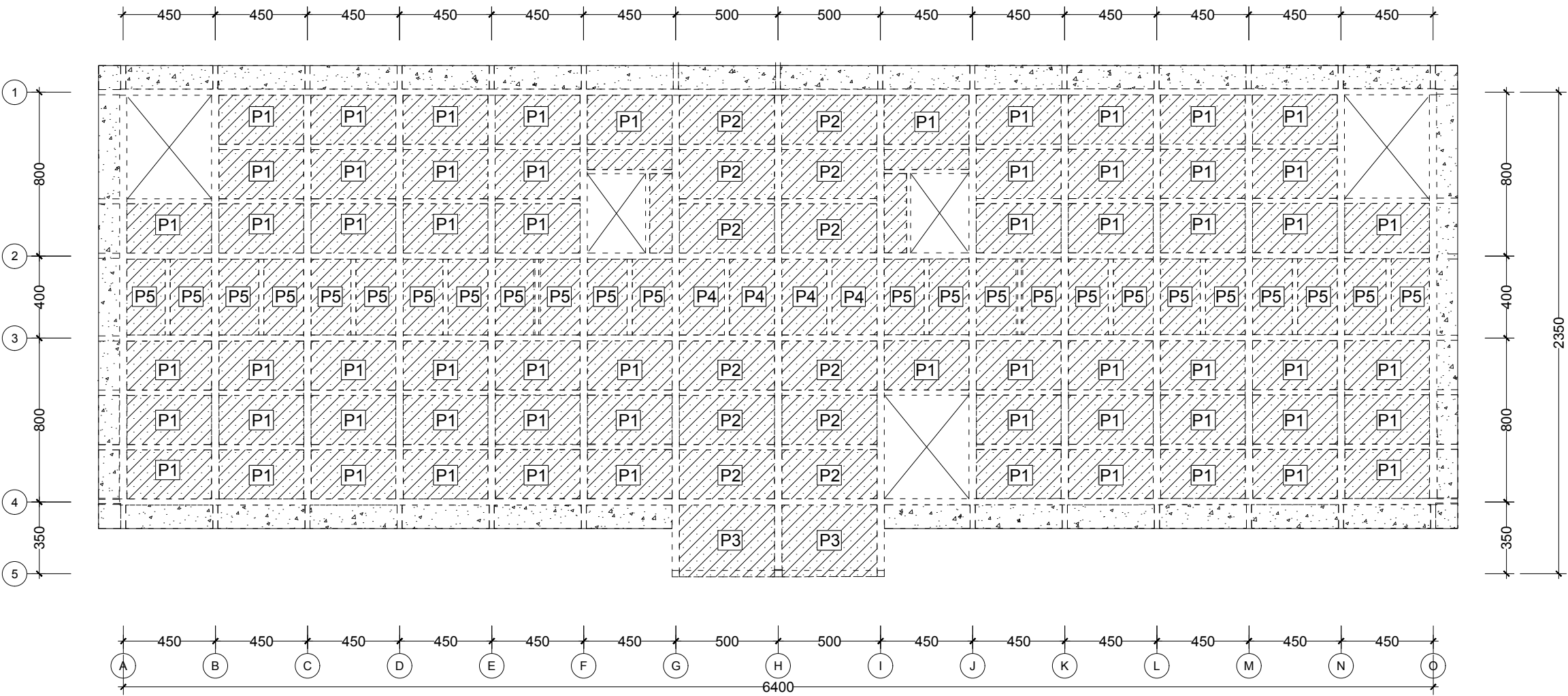
DOSEN PEMBIMBING II	AFFE NAVIR REFANI, ST., MT 1984/09/19 2015/04 1 001
---------------------	--

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	WZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

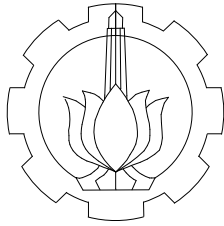
NAMA GAMBAR		SKALA
1. DENAH PLAT LT. 3		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	05	51



LEGENDA :

- P1** : PLAT 235 X 450 CM
P2 : PLAT 235 X 500 CM
P3 : PLAT 350 X 500 CM
P4 : PLAT 225 X 400 CM
P5 : PLAT 200 X 400 CM

DENAH PLAT LT. 3 (T.O.C +8.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

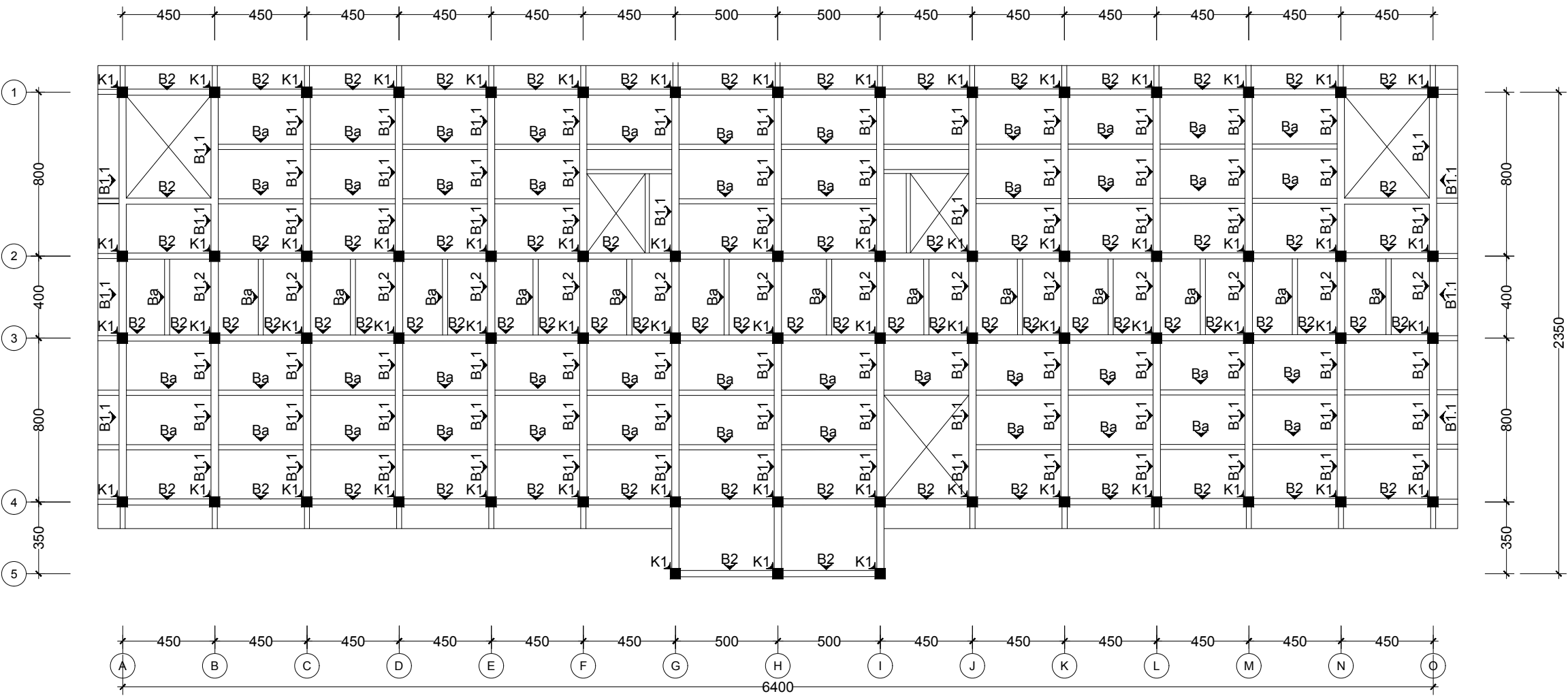
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

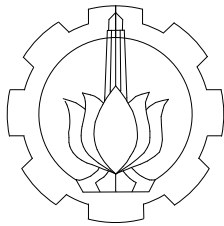
NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH BALOK & KOLOM LT. 4		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	06	51



LEGENDA :

- B1** : BALOK 35 X 65 CM
B2 : BALOK 30 X 45 CM
B3 : BALOK 15 X 20 CM
B4 : BALOK 30 X 40 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH BALOK & KOLOM LT. 4 (T.O.C +12.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II	AFFE NAVIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	---

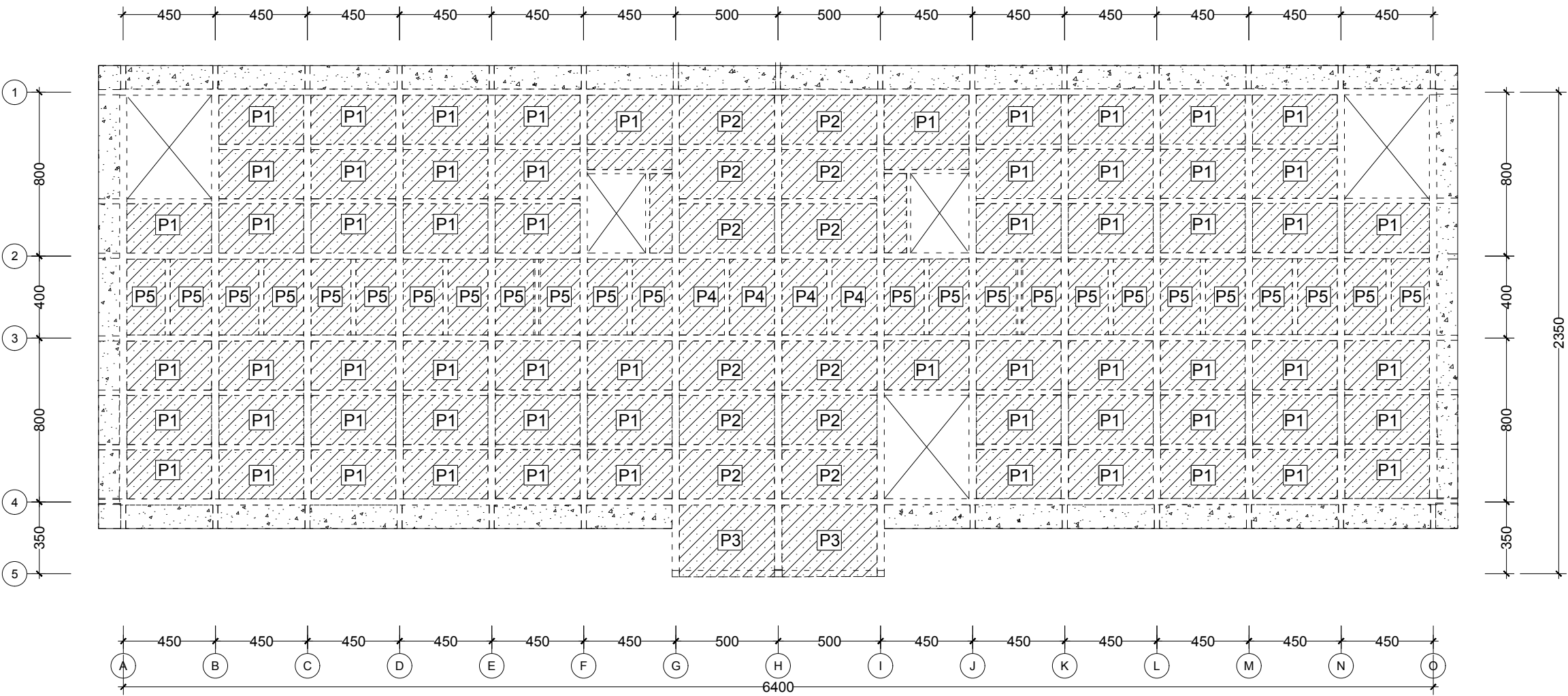
MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	WZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. DENAH PLAT LT. 4	1 : 250

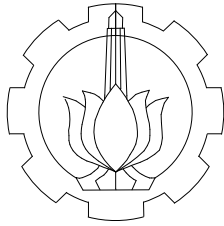
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	07	51



LEGENDA :

- P1** : PLAT 235 X 450 CM
P2 : PLAT 235 X 500 CM
P3 : PLAT 350 X 500 CM
P4 : PLAT 225 X 400 CM
P5 : PLAT 200 X 400 CM

DENAH PLAT LT. 4 (T.O.C +12.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIE NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

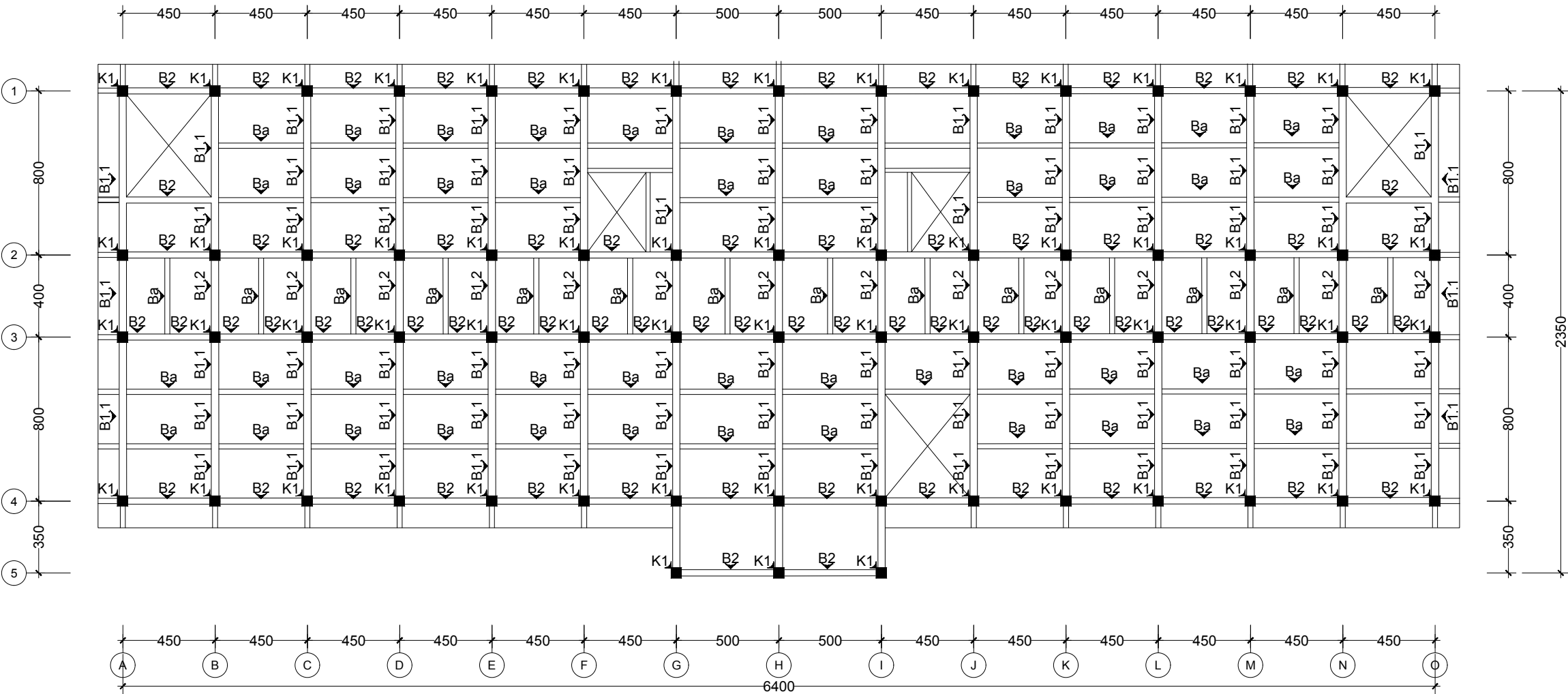
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

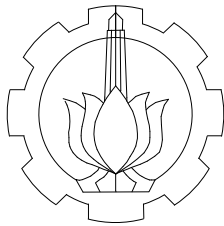
NAMA GAMBAR		SKALA
1. DENAH BALOK & KOLOM LT. 5		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	08	51



LEGENDA :

- B1** : BALOK 35 X 65 CM
B2 : BALOK 30 X 45 CM
B3 : BALOK 15 X 20 CM
B4 : BALOK 30 X 40 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH BALOK & KOLOM LT. 5 (T.O.C +16.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 1963/07/26 1989/03 1 003

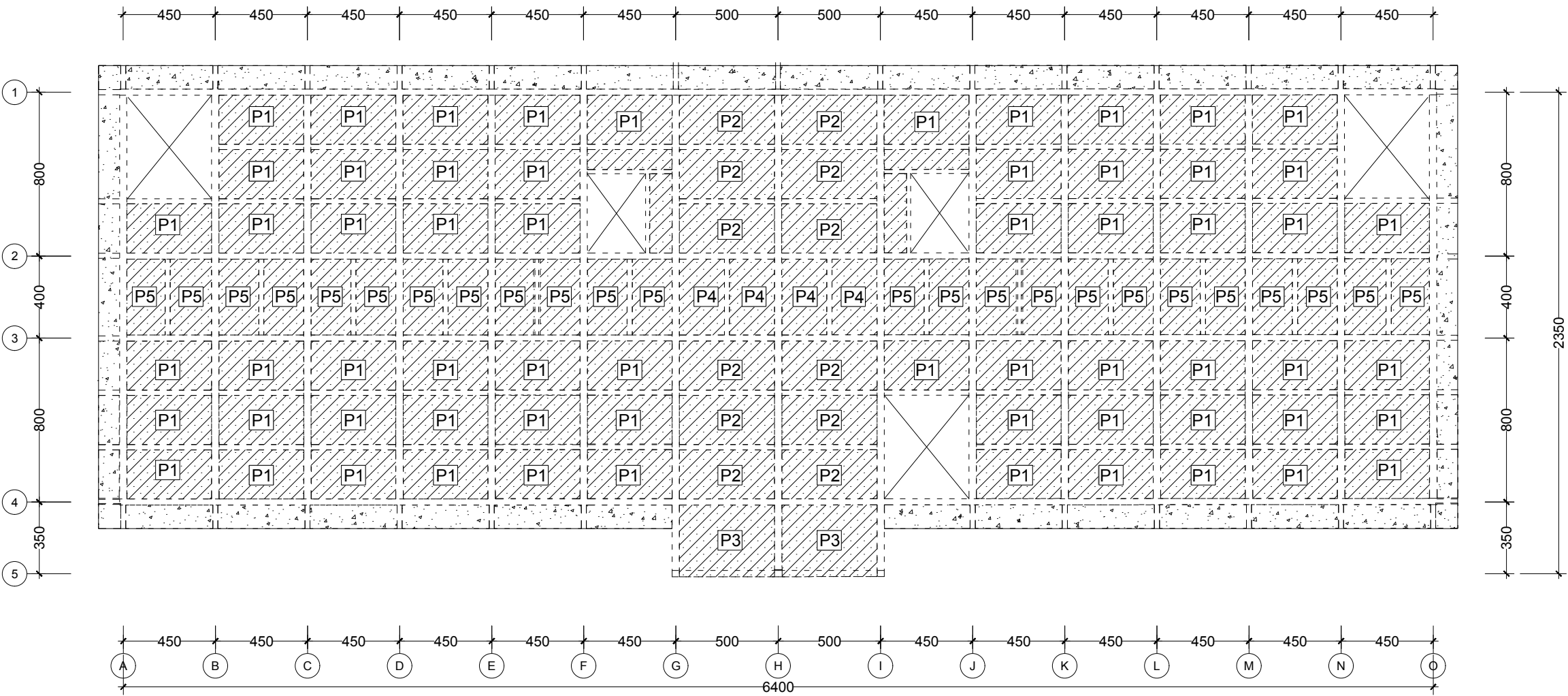
DOSEN PEMBIMBING II	AFFE NAVIR REFANI, ST., MT 1984/09/19 2015/04 1 001
---------------------	--

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	WZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

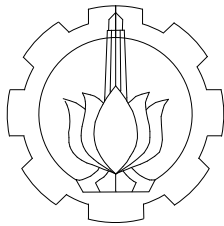
NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH PLAT LT. 5		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	09	51



LEGENDA :

- P1** : PLAT 235 X 450 CM
P2 : PLAT 235 X 500 CM
P3 : PLAT 350 X 500 CM
P4 : PLAT 225 X 400 CM
P5 : PLAT 200 X 400 CM

DENAH PLAT LT. 5 (T.O.C +16.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

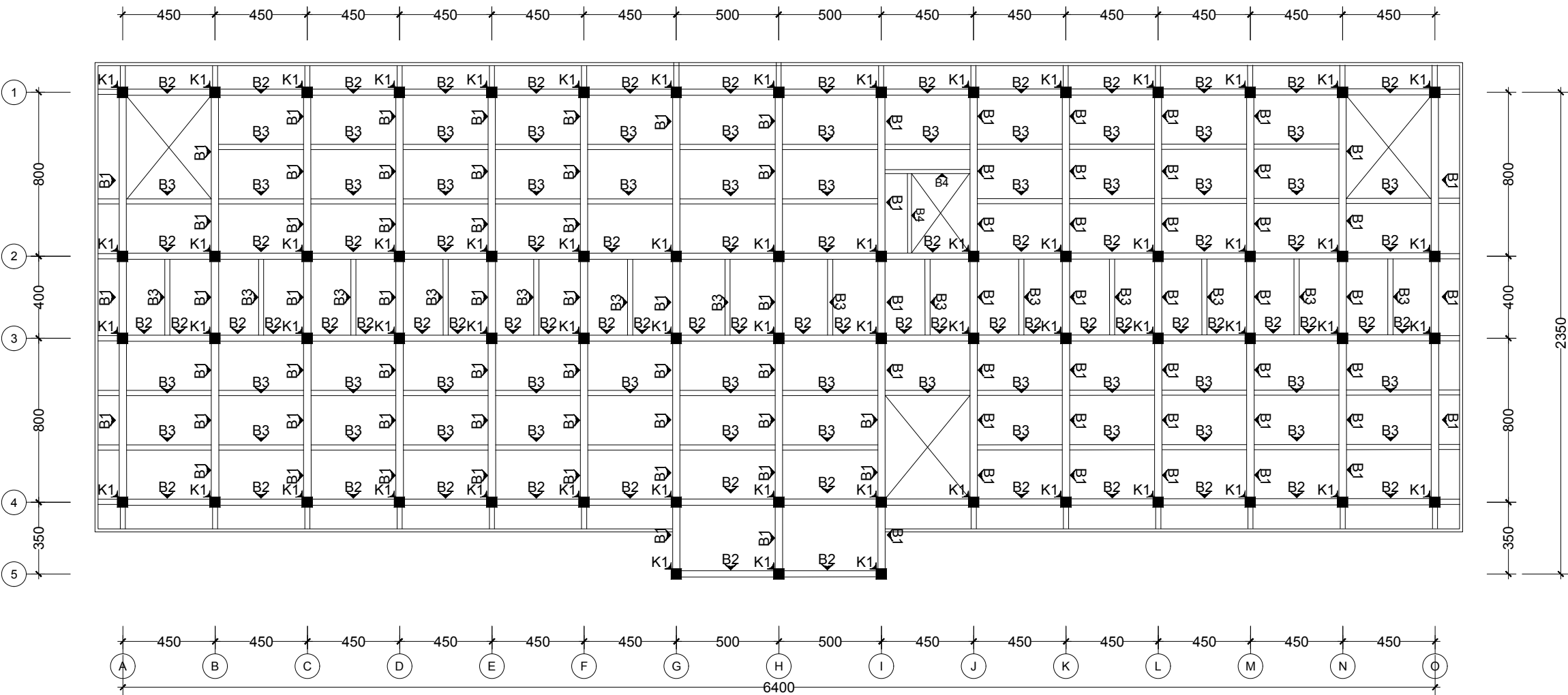
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
WIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

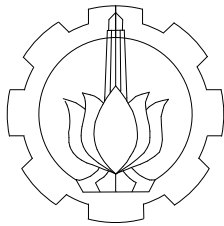
NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH BALOK & KOLOM LT. ATAP		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	10	51



LEGENDA :

- B1** : BALOK 35 X 65 CM
B2 : BALOK 30 X 45 CM
B3 : BALOK 15 X 20 CM
B4 : BALOK 30 X 40 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH BALOK & KOLOM LT. ATAP (T.O.C +20.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003

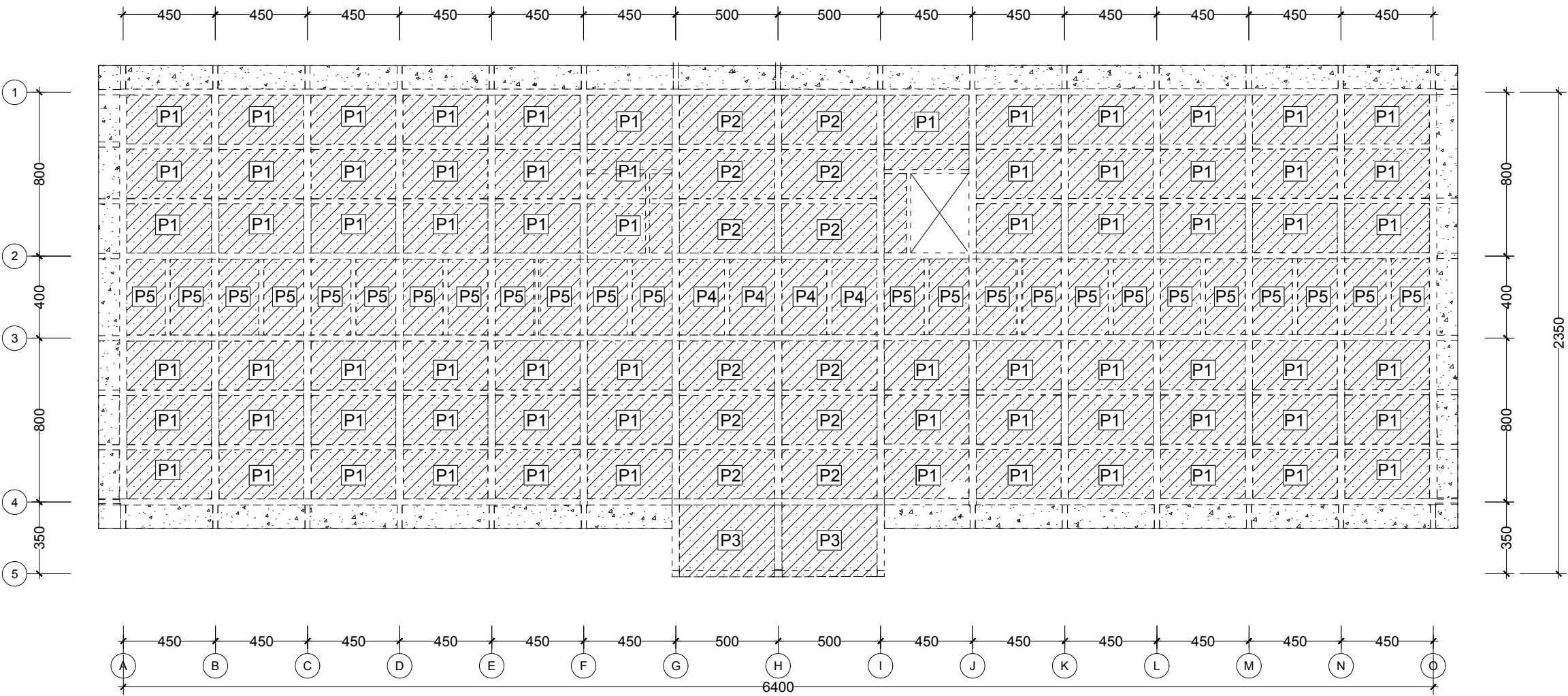
DOSEN PEMBIMBING II	AFFE NAVIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	---

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	WZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

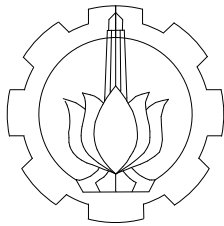
NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DENAH PLAT LT. ATAP		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	11	51



LEGENDA :

- P1** : PLAT 235 X 450 CM
P2 : PLAT 235 X 500 CM
P3 : PLAT 350 X 500 CM
P4 : PLAT 225 X 400 CM
P5 : PLAT 200 X 400 CM

DENAH PLAT LT. ATAP (T.O.C +20.00)
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II	AFF NAVIR REFANI, ST., MT. 19840919 201504 1 001
---------------------	---

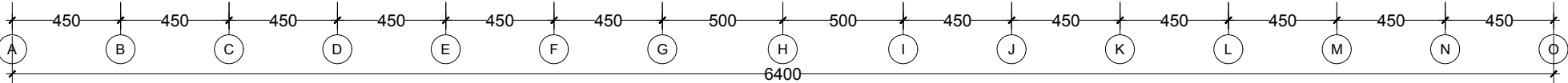
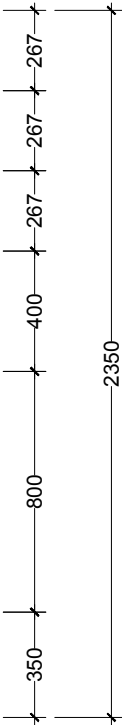
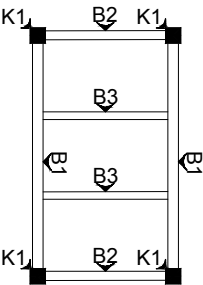
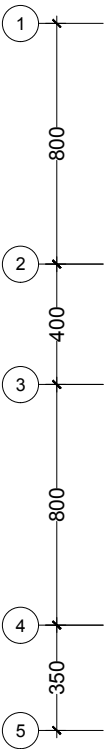
MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. DENAH BALOK & KOLOM LT. ATAP	1 : 250

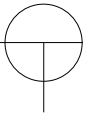
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	12	51

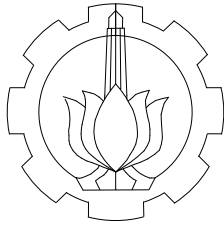


LEGENDA :

- B1** : BALOK 35 X 65 CM
B2 : BALOK 30 X 45 CM
B3 : BALOK 15 X 20 CM
K1 : KOLOM 50 X 50 CM

DENAH BALOK & KOLOM LT. ATAP (T.O.C +24.00)
SKALA 1 : 250





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II	AFF NAVIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	--

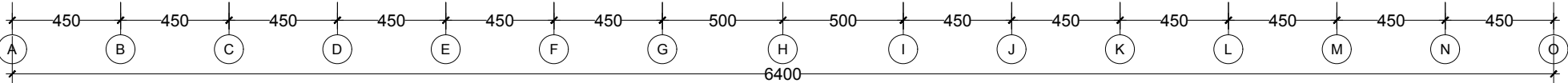
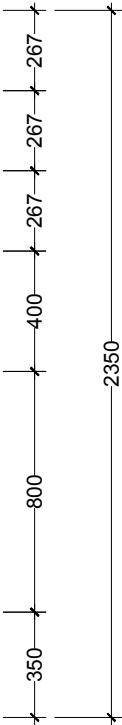
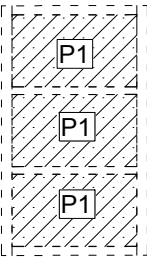
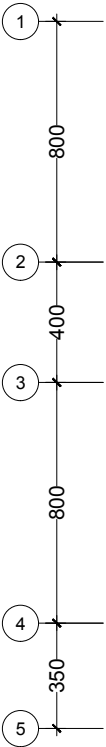
MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

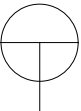
NAMA GAMBAR		SKALA
1. DENAH PLAT LT. ATAP		1 : 250
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	13	51



LEGENDA :

P1 : PLAT 235 X 450 CM

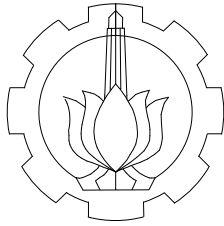
DENAH PLAT LT. ATAP (T.O.C +24.00)
SKALA 1 : 250



JENIS BALOK	B1.1		B1.2		B2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DESKRIPSI						
TULANGAN TARIK	7 D22	5 D22	5 D22	2 D22	6 D22	3 D22
TULANGAN TEKAN	3 D22	2 D22	2 D22	2 D22	3 D22	2 D22
TULANGAN PINGGANG	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	D13 - 150

JENIS BALOK	Bat.1		Bat.2		Bat.3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DESKRIPSI						
TULANGAN TARIK	5 D22	3 D22	3 D22	2 D22	4 D22	2 D22
TULANGAN TEKAN	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
TULANGAN PINGGANG	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13	4 D13
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	

JENIS BALOK	BA		BK	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DESKRIPSI				
TULANGAN ATAS	3 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN PINGGANG	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 125	Ø10 - 100	Ø10 - 125



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN
--------	-----	--------------

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFF NAVIR REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1

OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2

NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

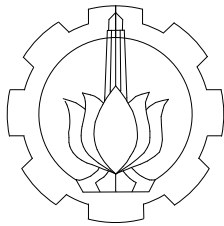
NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

1. DETAIL PENULANGAN BALOK
1 : 30

KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	14	51

DETAIL PENULANGAN BALOK
SKALA 1 : 30





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II	AFF NAVIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	--

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- 1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - 2. Jumlah lantai : 5
 - 3. Panjang bangunan : 20 m
 - 4. Lebar bangunan : 64 m
 - 5. Jenis tanah : Tanah sedang
 - 6. Zona gempa : 2
 - 7. Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - 8. Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - 9. Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. DETAIL PENULANGAN SLOOF & KOLOM	1 : 30

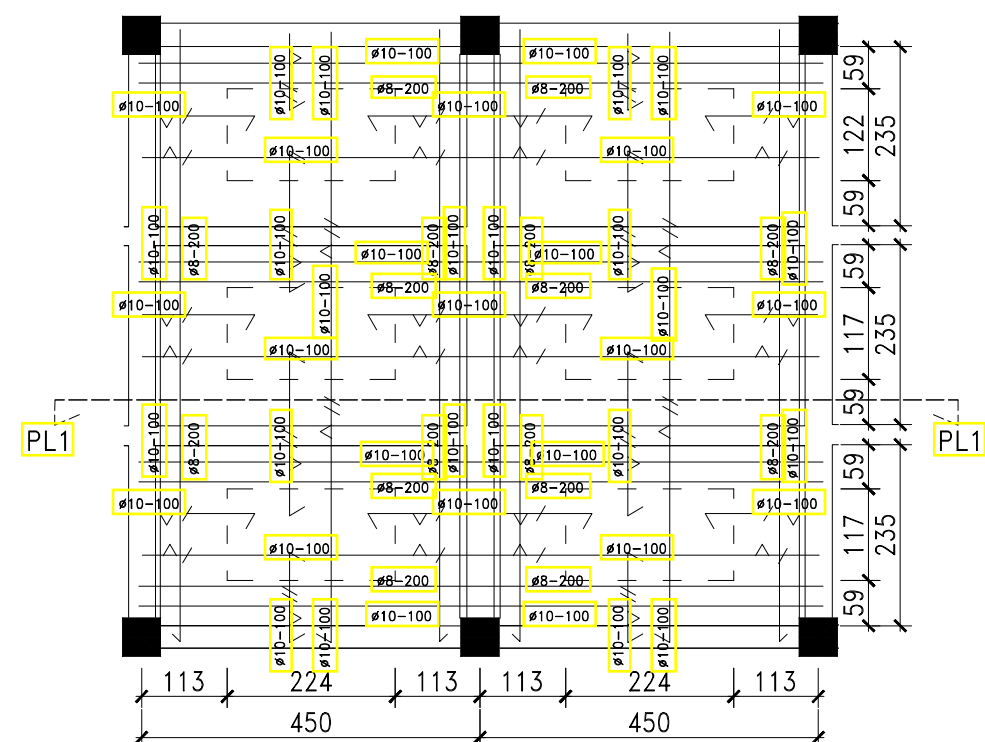
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	15	51

JENIS SLOOF	S1.1		S1.2		S2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DESKRIPSI						
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	3 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	2 D19	3 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TULANGAN PINGGANG	-	-	-	-	-	-
SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150

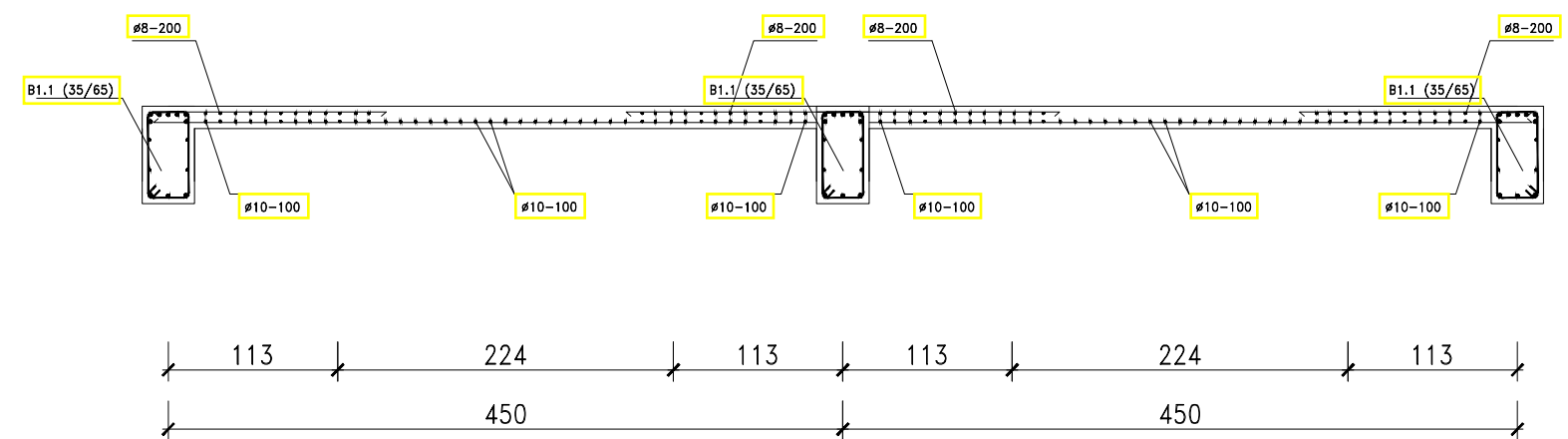
JENIS KOLOM	K1	
	1/4 L DARI SENDI PLASTIS	1/2 L PADA TENGAH PANJANG
DESKRIPSI		
TULANGAN UTAMA	12 D22	12 D22
SENGKANG	Ø13 - 100	Ø13 - 100

DETAIL PENULANGAN SLOOF & KOLOM
SKALA 1 : 30

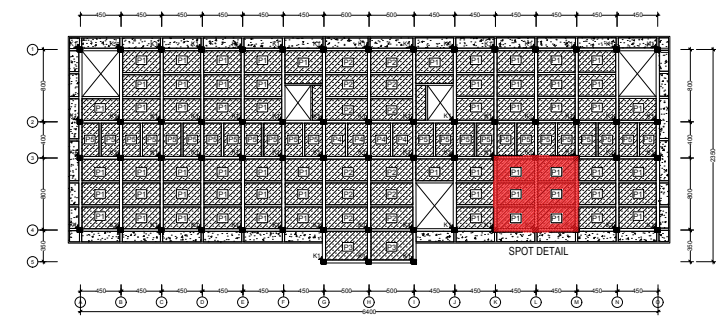




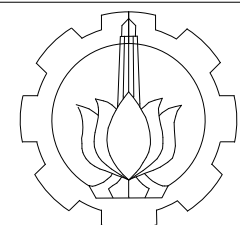
DENAH PENULANGAN PLAT TYPE 1
SKALA 1 : 100



POTONGAN PL1
SKALA 1 : 50



KEYPLAN LANTAI 4



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

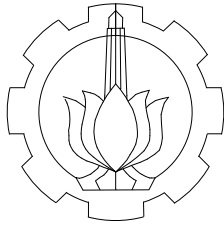
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT TYPE 1		1 : 100
		1 : 50
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	16	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

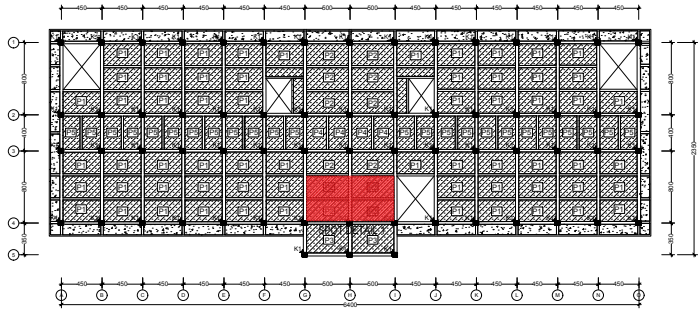
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

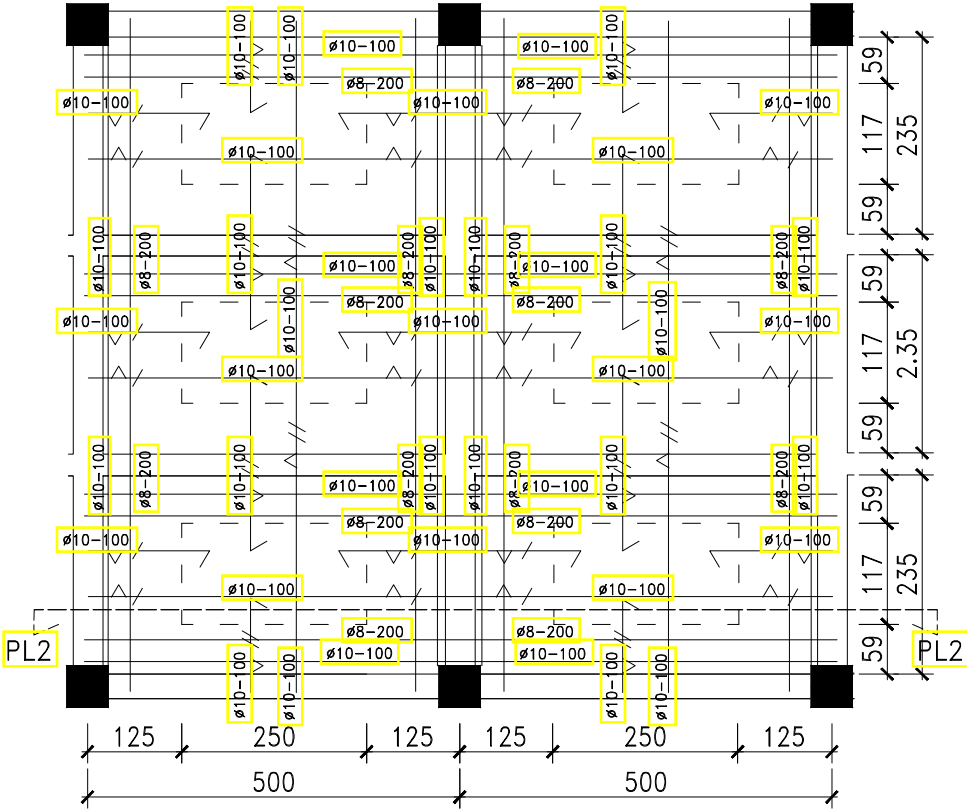
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

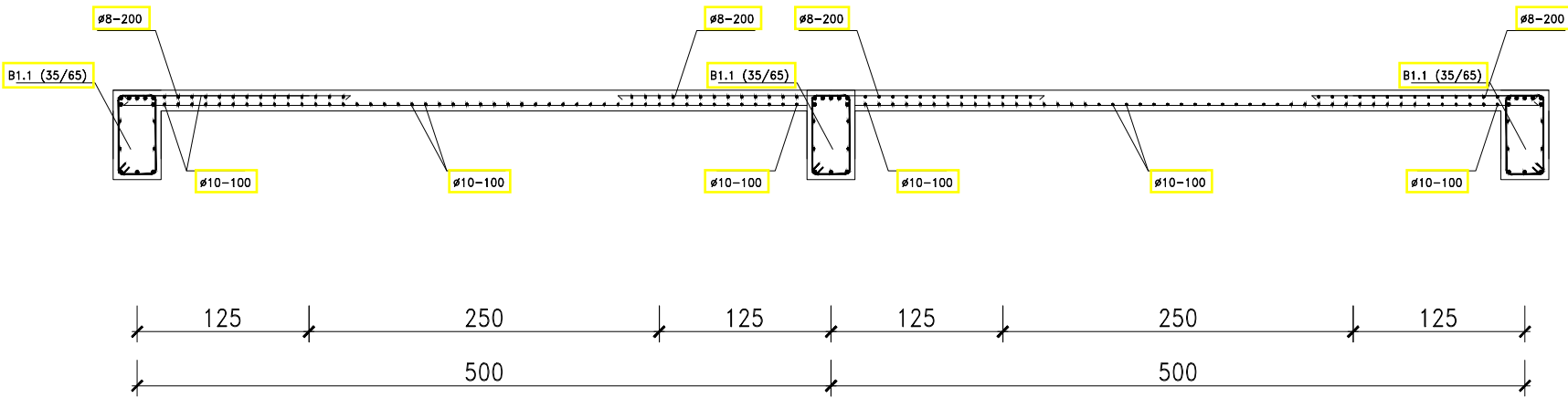
NAMA GAMBAR	SKALA	
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT TYPE 2	1 : 100	
	1 : 50	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	17	51



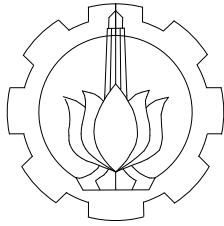
KEYPLAN LANTAI 4



DENAH PENULANGAN PLAT TYPE 2
SKALA 1 : 100



POTONGAN PL2
SKALA 1 : 50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

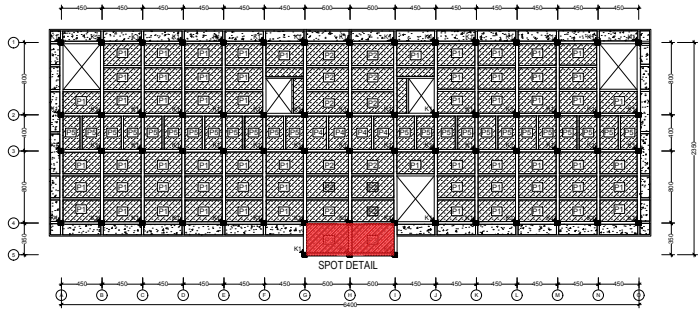
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

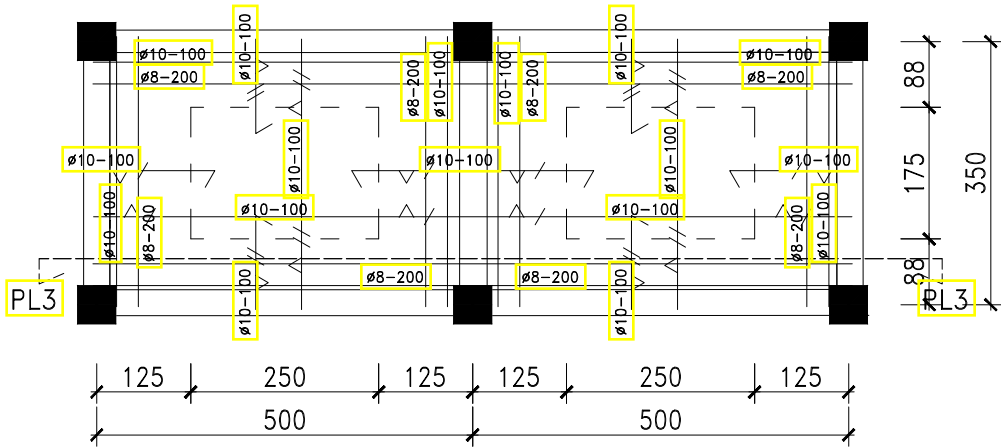
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

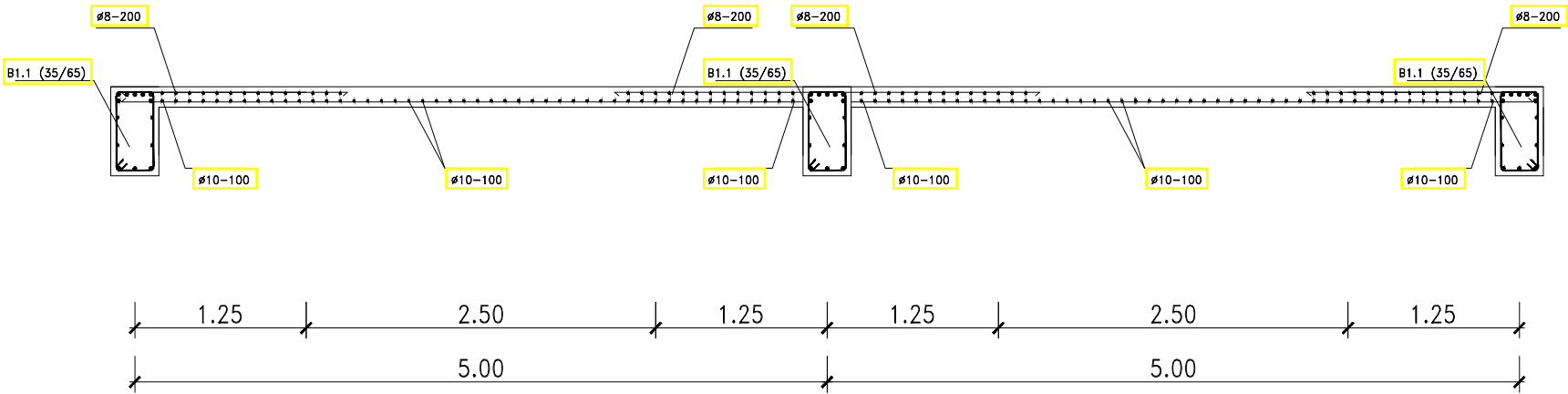
NAMA GAMBAR	SKALA	
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT TYPE 3	1 : 100	
	1 : 50	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	18	51



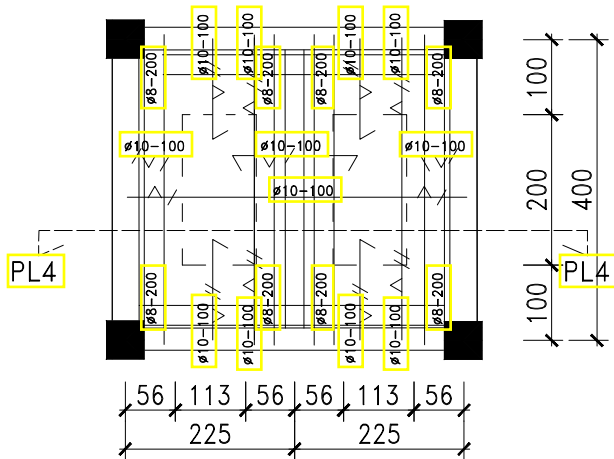
KEYPLAN LANTAI 4



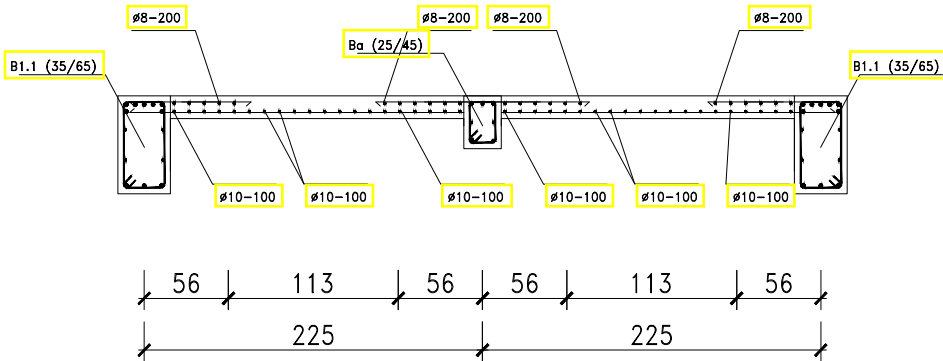
DENAH PENULANGAN PLAT TYPE 3
SKALA 1 : 100



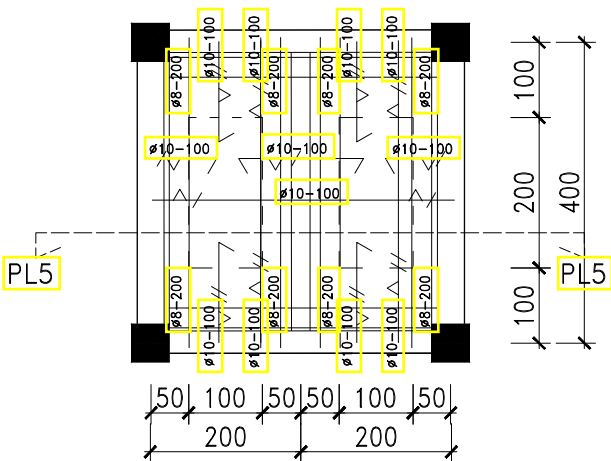
POTONGAN PL3
SKALA 1 : 50



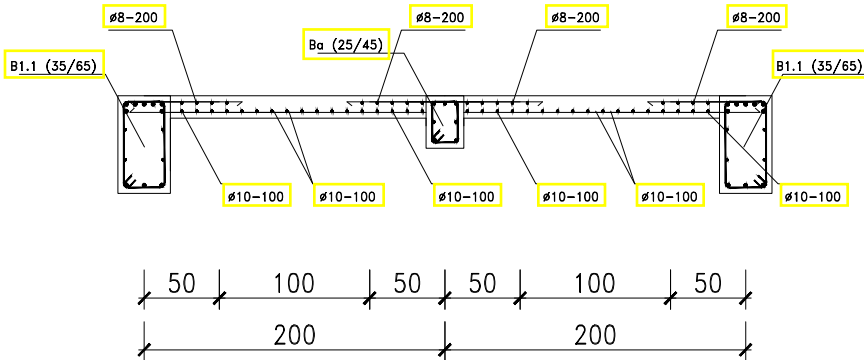
DENAH PENULANGAN PLAT TYPE 4
SKALA 1 : 100



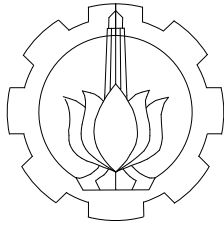
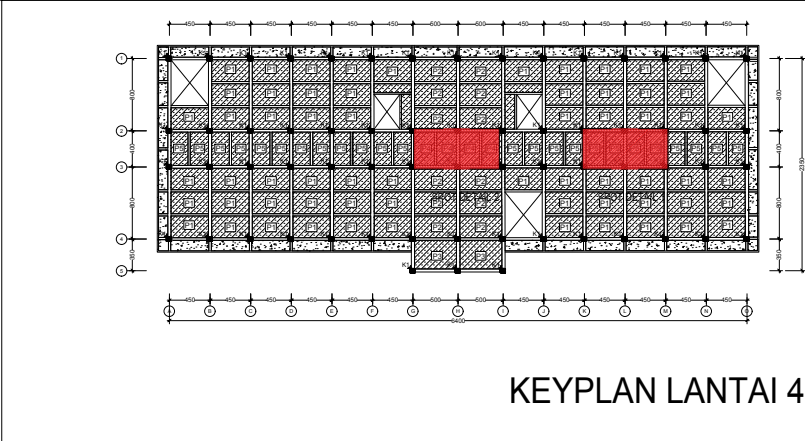
POTONGAN PL4
SKALA 1 : 50



DENAH PENULANGAN PLAT TYPE 5
SKALA 1 : 100



POTONGAN PL5
SKALA 1 : 50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 1963/07/26 1989/03 1 003

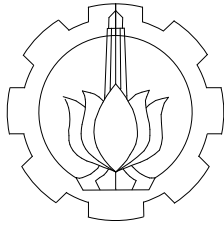
DOSEN PEMBIMBING II	AFFE NAVIR REFANI, ST., MT. 1984/09/19 2015/04 1 001
---------------------	---

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN	
1. Fungsi bangunan	: Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai	: 5
3. Panjang bangunan	: 20 m
4. Lebar bangunan	: 64 m
5. Jenis tanah	: Tanah sedang
6. Zona gempa	: 2
7. Mutu beton (f_c')	: 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (f_y)	: 400 Mpa
9. Mutu baja geser (f_y)	: 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT TYPE 4 DAN 5		1 : 100
		1 : 50
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	19	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

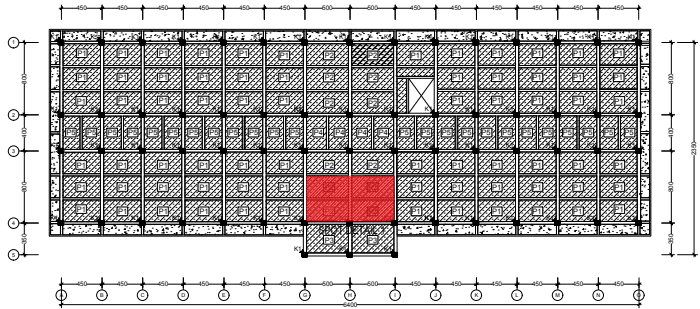
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

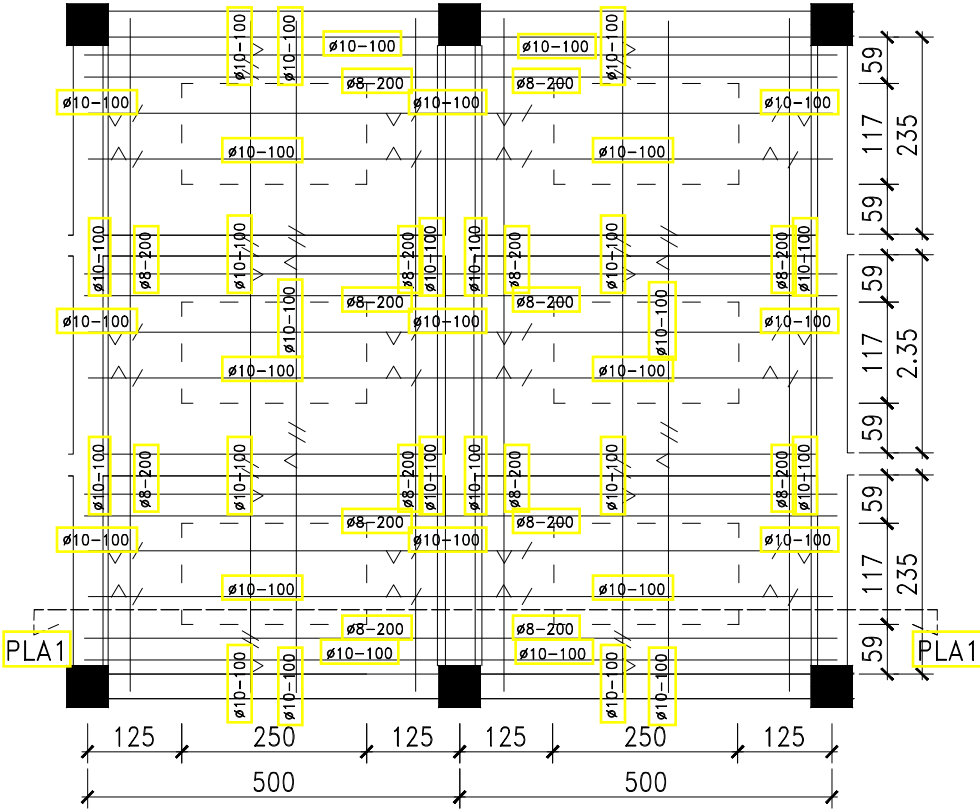
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT ATAP TYPE 1	1 : 100
	1 : 50

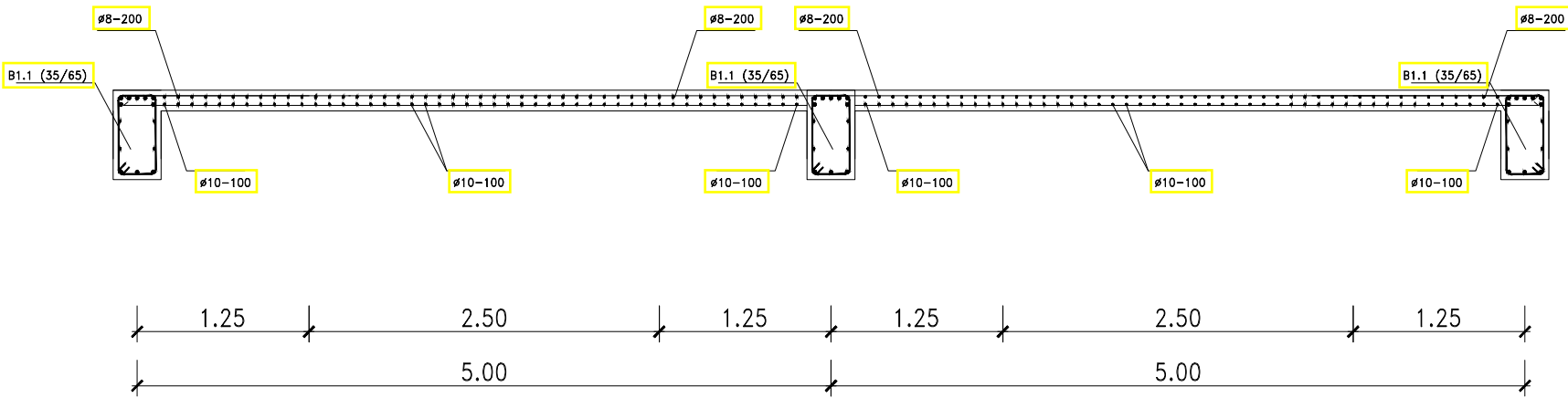
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	20	51



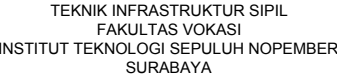
KEYPLAN LANTAI ATAP



DENAH PENULANGAN PLAT ATAP TYPE 1
SKALA 1 : 100



POTONGAN PLA1
SKALA 1 : 50



KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFIF NAVIR REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1

OKTA IAJIA RAHMAWATI
10111500000063

MENGETAHUI

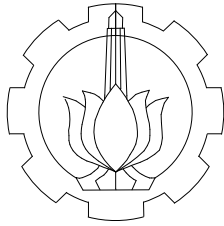
NAMA MAHASISWA 2

NIZARRAHMAN NOOR
10111500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. Fungsi bangunan | : Gedung perkuliahan |
| 2. Jumlah lantai | : 5 |
| 3. Panjang bangunan | : 20 m |
| 4. Lebar bangunan | : 64 m |
| 5. Jenis tanah | : Tanah sedang |
| 6. Zona gempa | : 2 |
| 7. Mutu beton (f_c') | : 30 Mpa |
| 8. Mutu baja lentur (f_y) | : 400 Mpa |
| 9. Mutu baja geser (f_y) | : 240 Mpa |

NAMA GAMBAR		S K A L A
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT ATAP TYPE 2		1 : 100 1 : 50
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	21	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

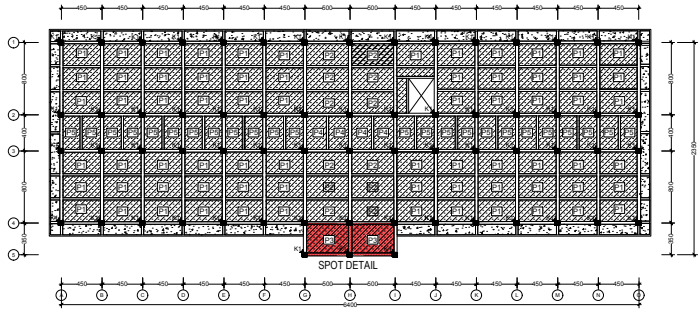
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

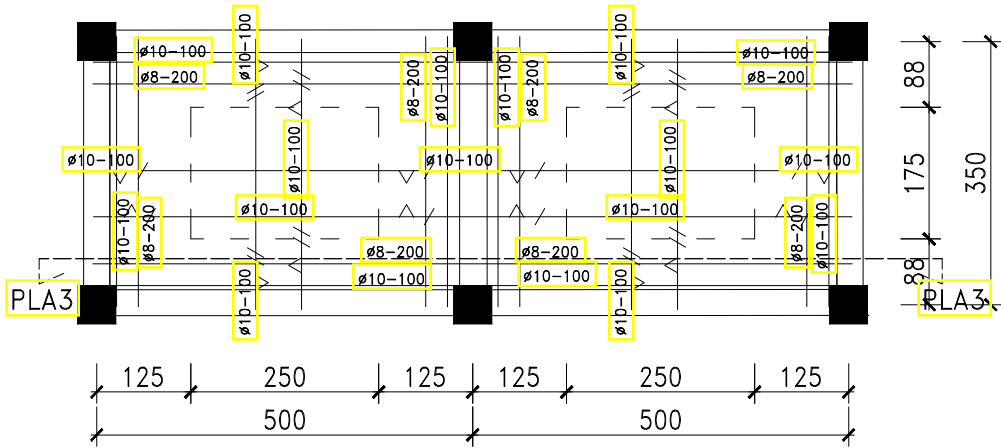
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

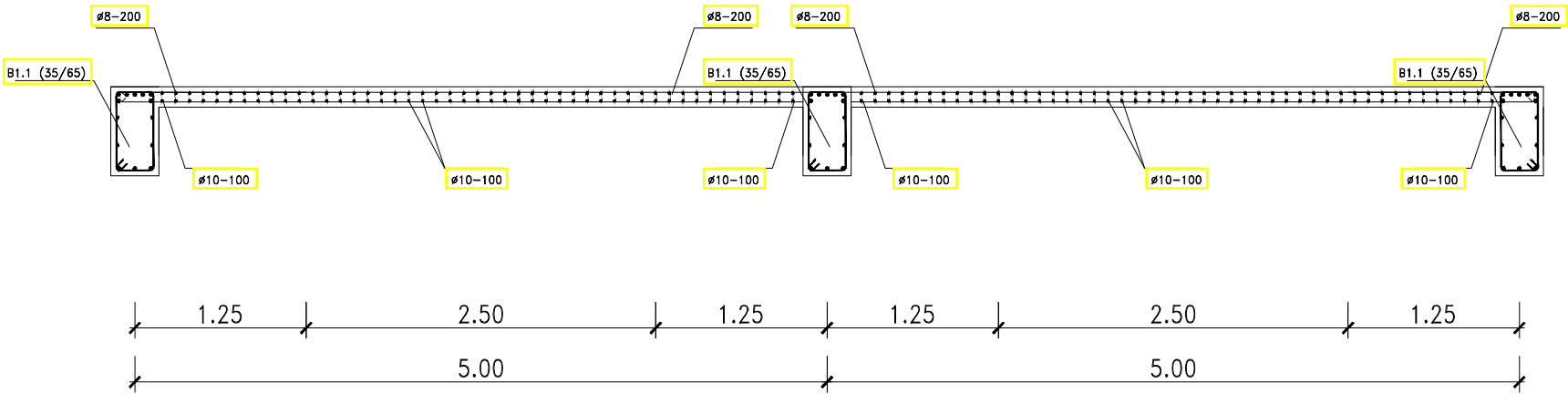
NAMA GAMBAR	SKALA	
DETAIL PENULANGAN & POTONGAN PLAT ATAP TYPE 3	1 : 100	
	1 : 50	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	22	51



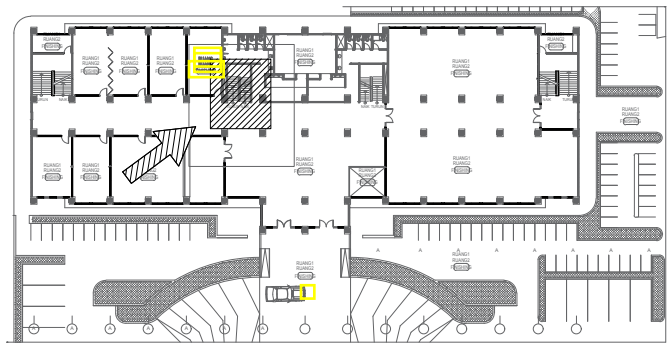
KEYPLAN LANTAI ATAP



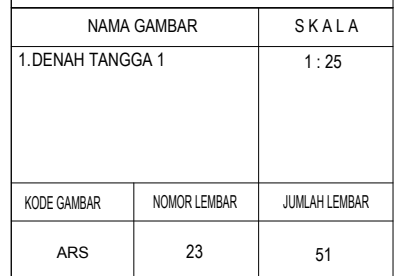
DENAH PENULANGAN PLAT ATAP TYPE 3
SKALA 1 : 100

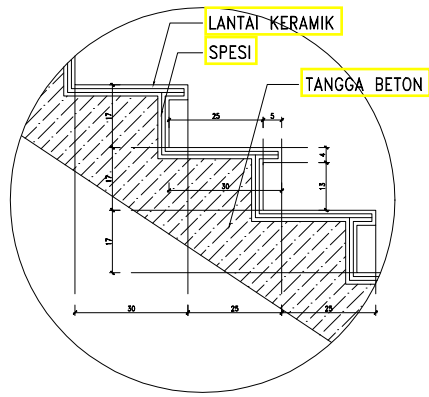


POTONGAN PLA3
SKALA 1 : 50

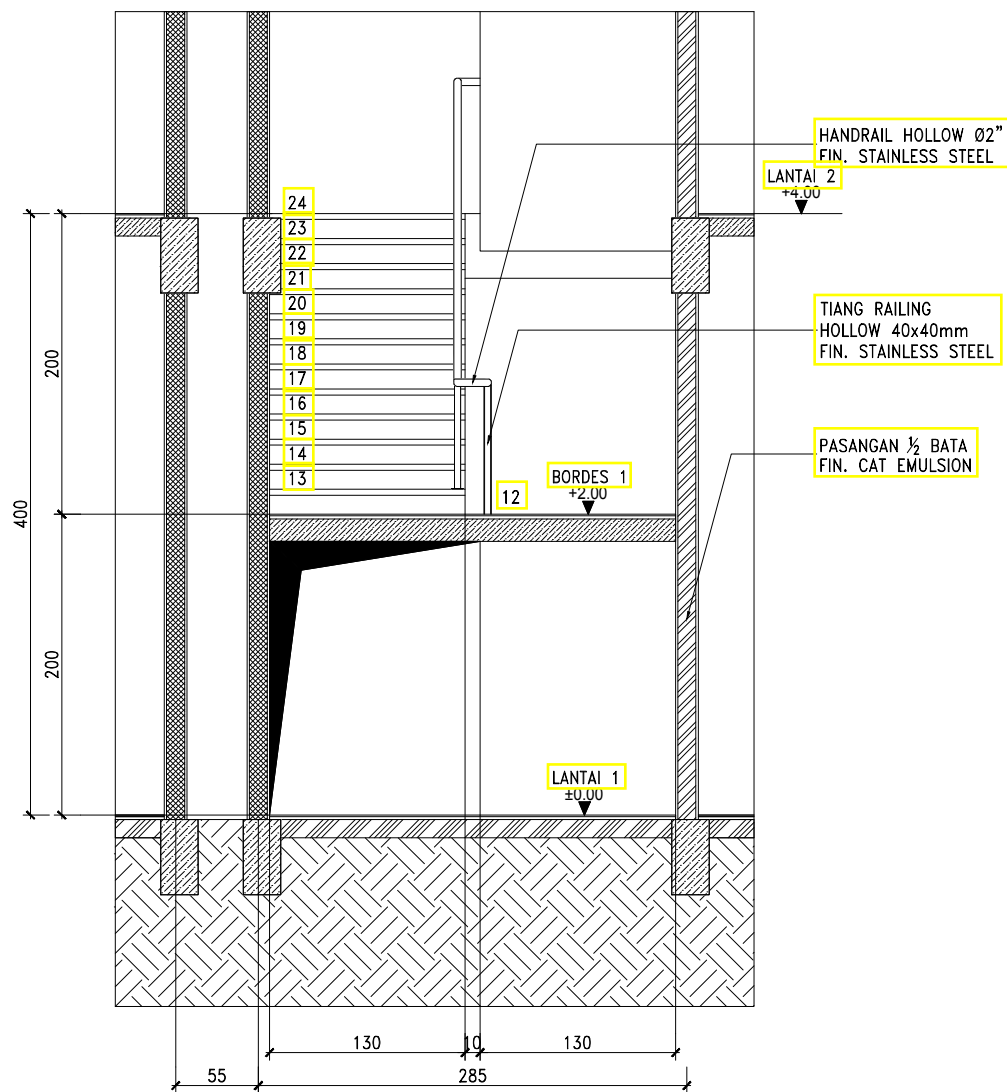


DENAH TANGGA 1
SKALA 1 : 25

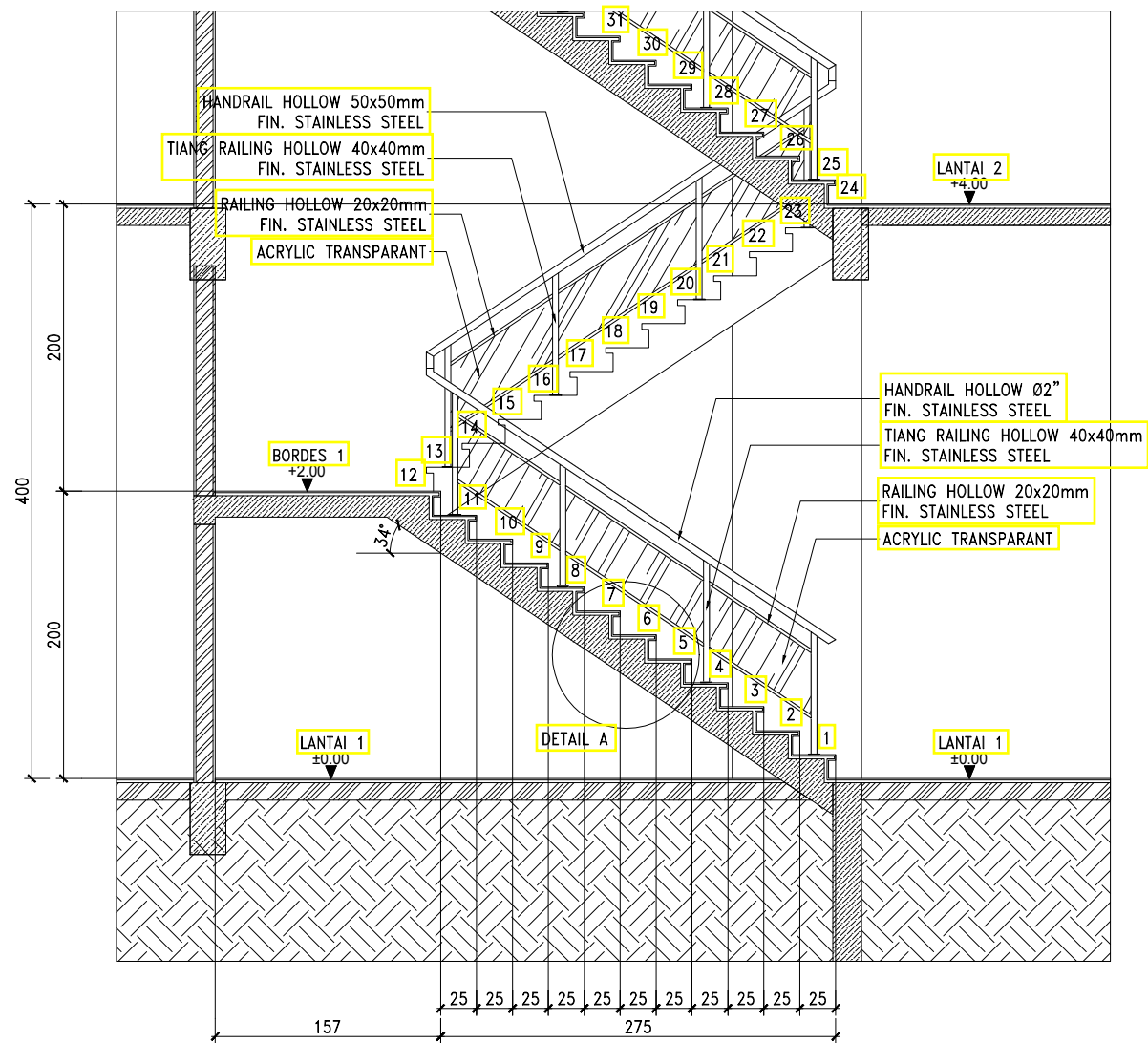




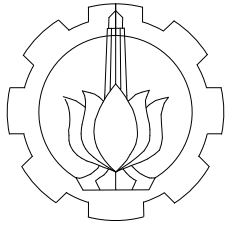
DETAIL A
SKALA 1 : 20



POTONGAN A TANGGA 1
SKALA 1 : 50



POTONGAN B TANGGA 1
SKALA 1 : 50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

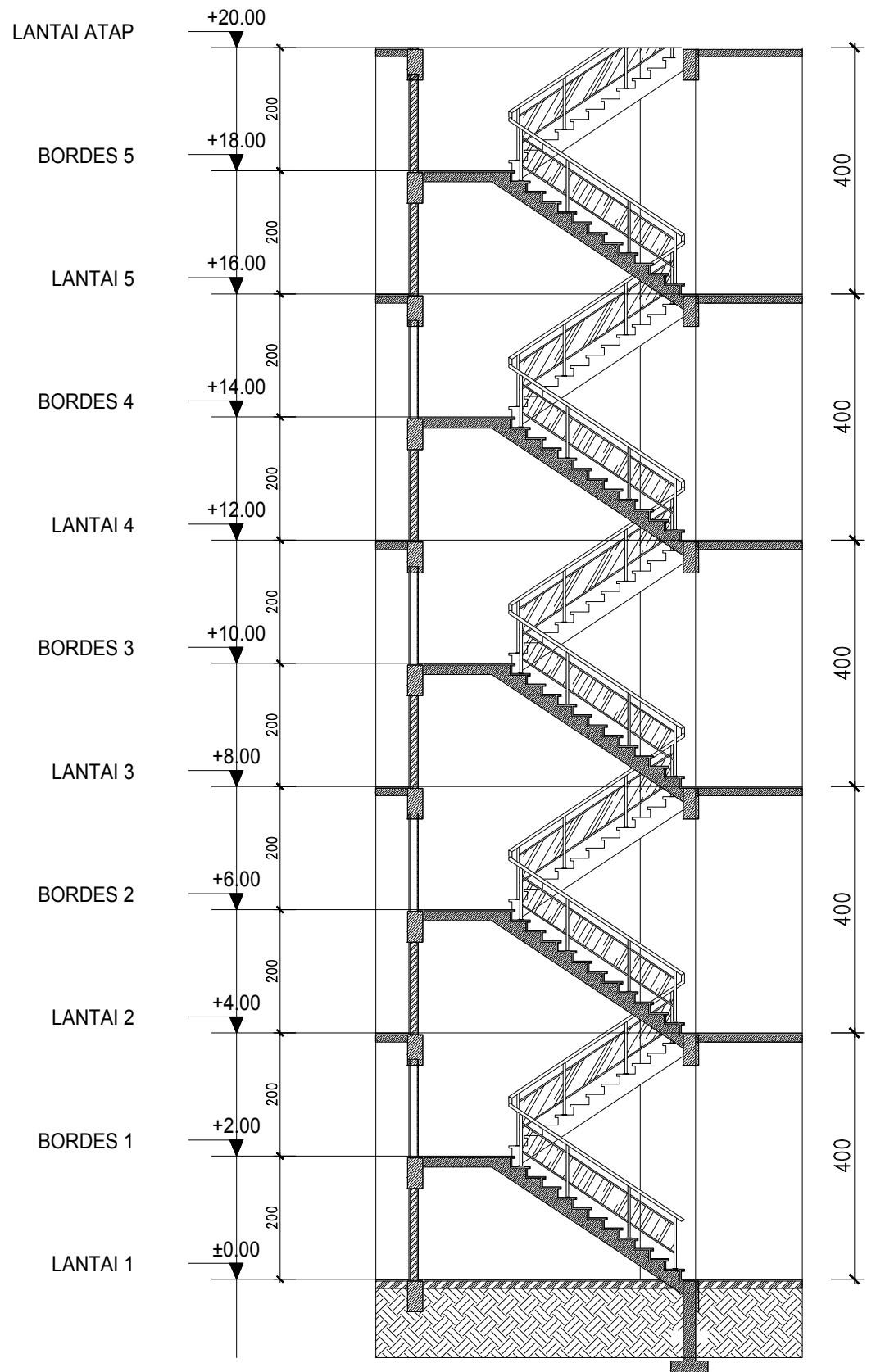
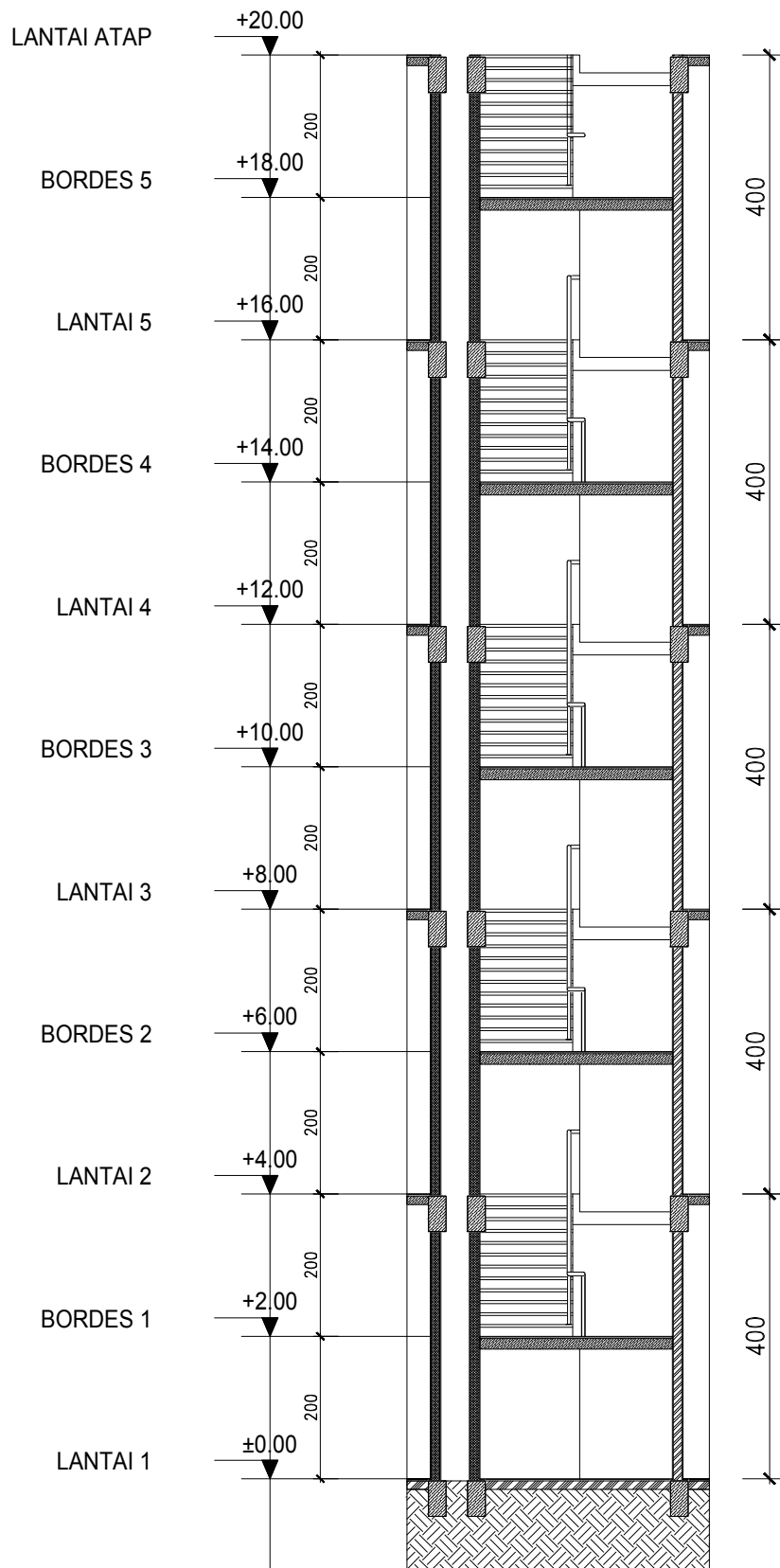
MENGETAHUI


NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

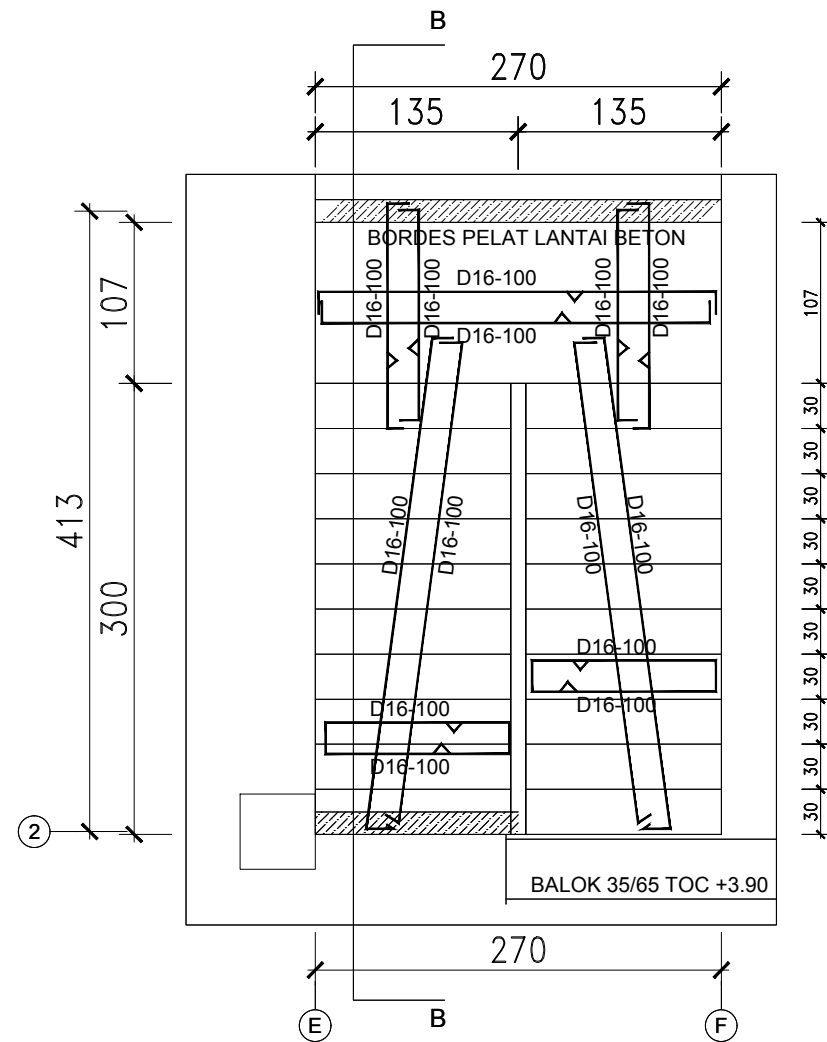
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

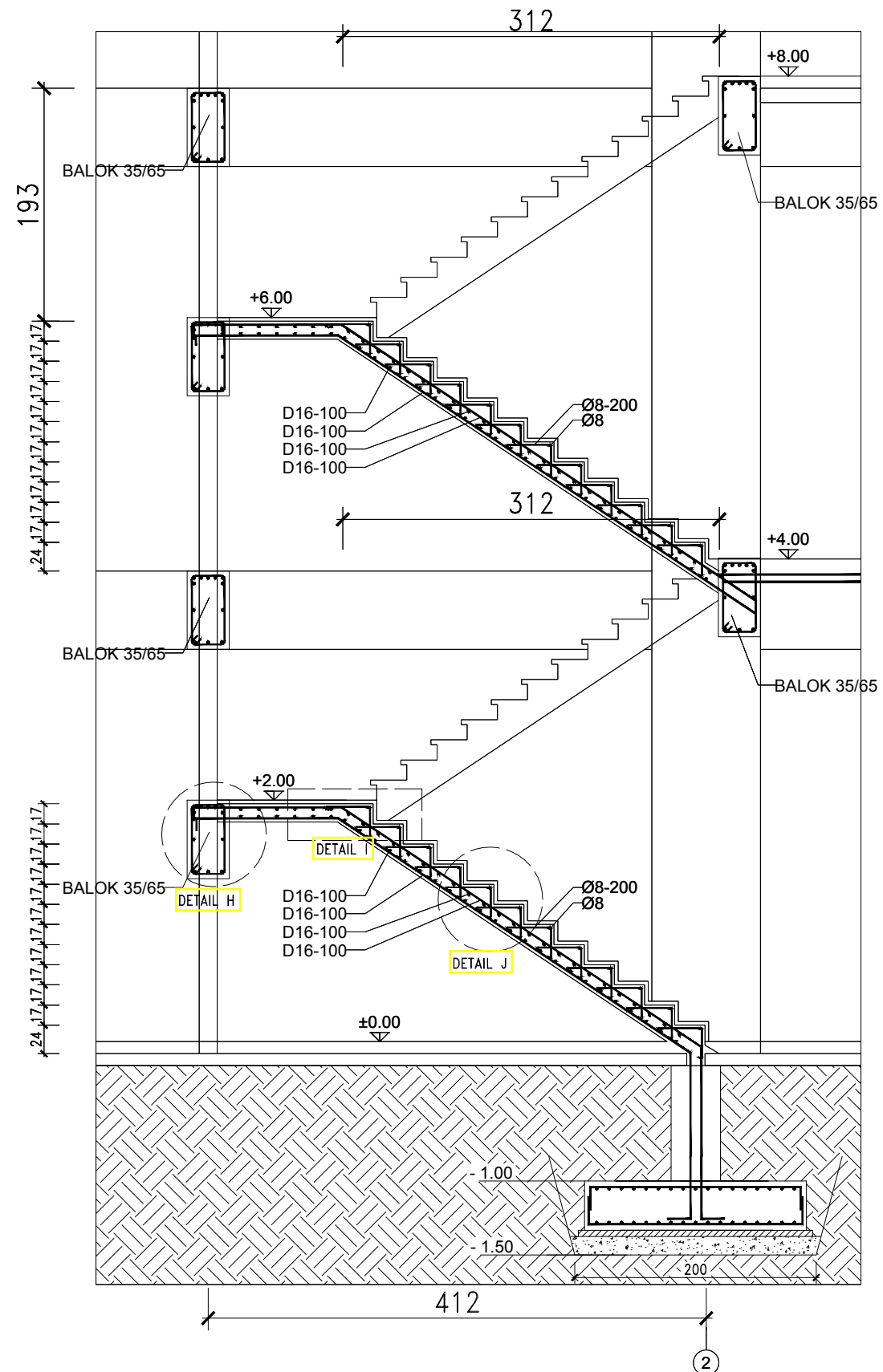
NAMA GAMBAR		SKALA
1. POTONGAN A & B TANGGA 1		1 : 50 1 : 20
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	24	51



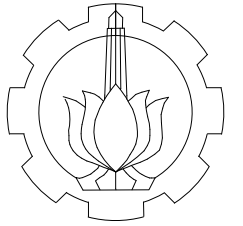
 <p style="text-align: center;"> TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA </p>	
KEGIATAN PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASCASARANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANCA PEMUKU MOMEN MENENGAH	
LOKASI KOTA PALEMBANG	
REVISI	TGL. TANDA TANGAN
MENGETAHUI	Dosen Pembimbing I Prof. Dr. M. Satri Darmawan M.Pd., S.T., Ph.D. 1983/07/26 1980/03 1 100
MENGETAHUI	Dosen Pembimbing II JEFF NAWAR BEFEL, S.T., MT 1984/09/19 2016/04 1 100
MENGETAHUI	NAMA MAHASISWA 1 KOTHA LAILA SHAHMATI 1001115000063
MENGETAHUI	NAMA MAHASISWA 2 NIZHARAHMA NOKOR 1001115000077
KETERANGAN TAMBAHAN	
1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan 2. Jumlah lantai : 5 3. Panjang bangunan : 20 m 4. Lebar bangunan : 64 m 5. Jenis tanah : Tanah sedang 6. Zona gempa : 2 7. Mutu beton (fc) : 30 Mpa 8. Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa 9. Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa	
NAMA GAMBAR	S K A L A
1. POTONGAN A & B TANGGA 1 LT. 1-5	
KODE GAMBAR	MONOR LEMBAR
STR	25
STR	51



PENULANGAN TANGGA 1
SKALA 1 : 50



DET. POTONGAN A-A
SKALA 1 : 50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

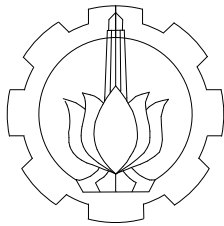
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
1. PENULANGAN TANGGA 1		1 : 50
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	26	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003

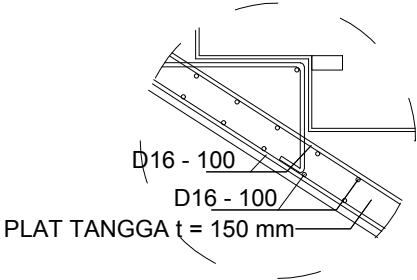
DOSEN PEMBIMBING II	AFIF NAVIR REFANI, ST., MT. 19840919 201504 1 001
---------------------	--

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

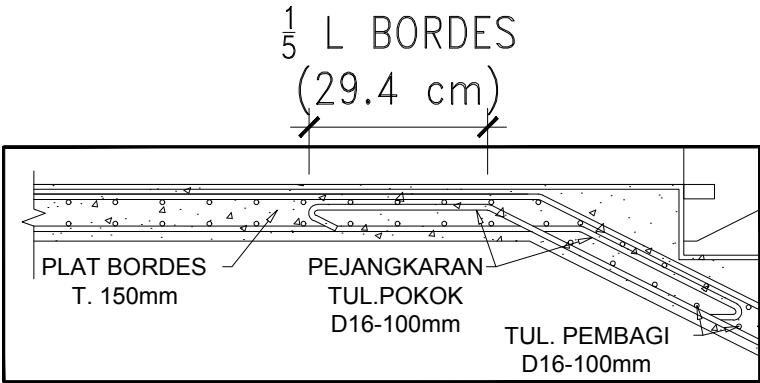
MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

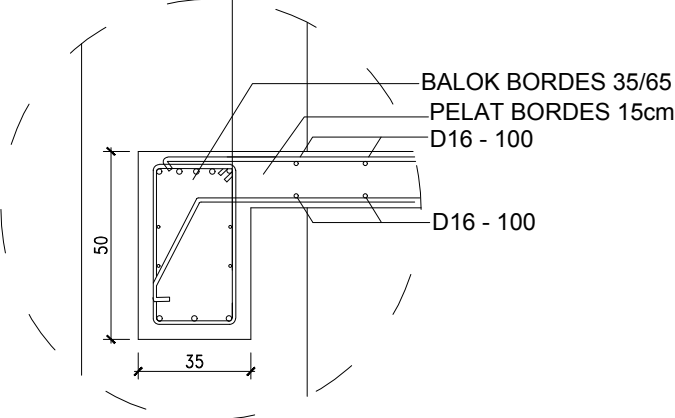
NAMA GAMBAR		SKALA
DETAIL H, I, J TANGGA		1 : 20
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	27	51



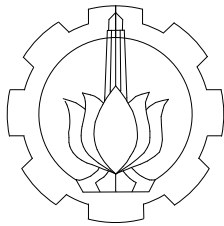
DETAIL H
SKALA 1 : 20



DETAIL I
SKALA 1 : 20



DETAIL J
SKALA 1 : 20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II	AFF NAVIR REFANI, ST., MT. 19840919 201504 1 001
---------------------	---

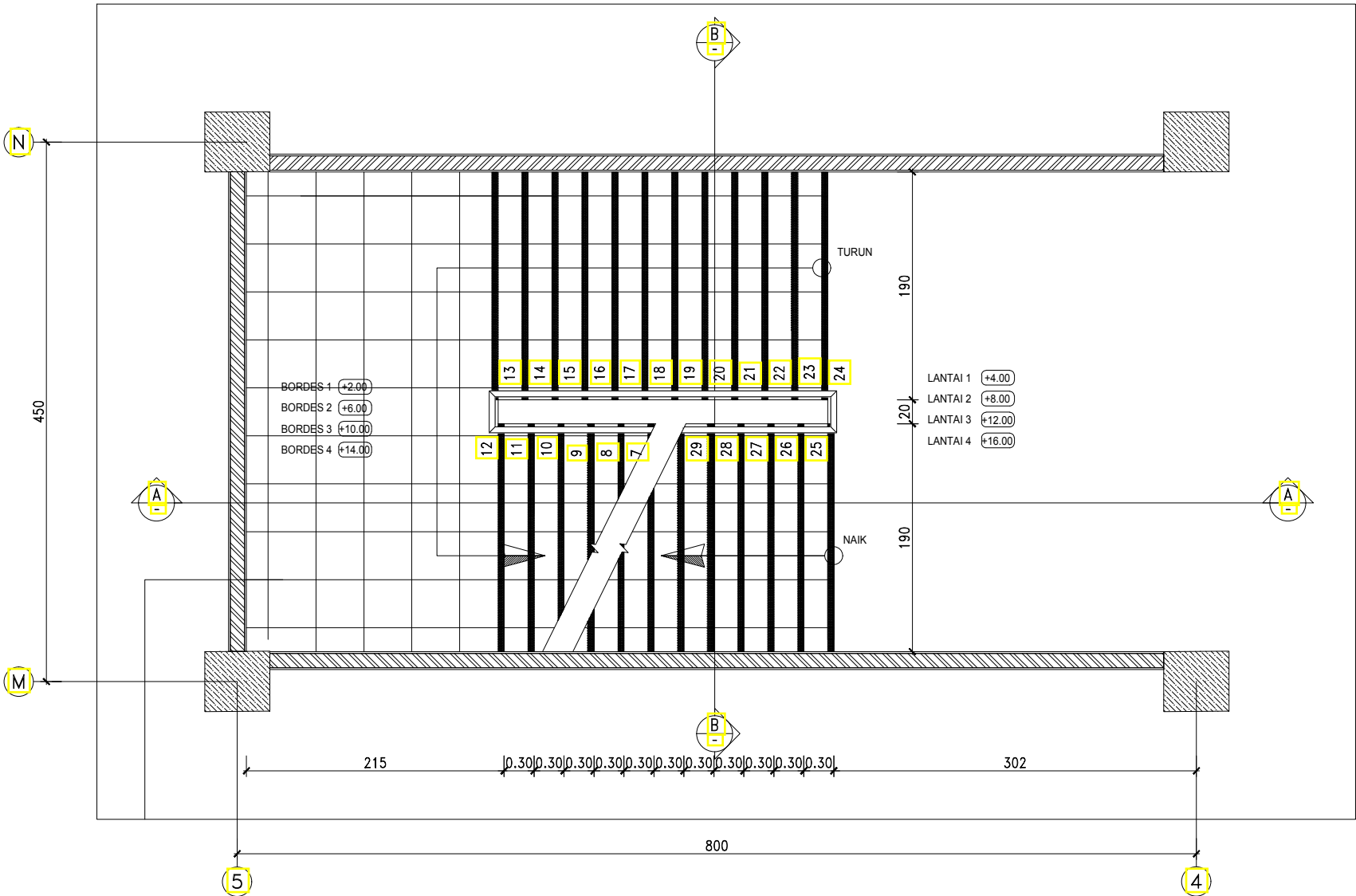
MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

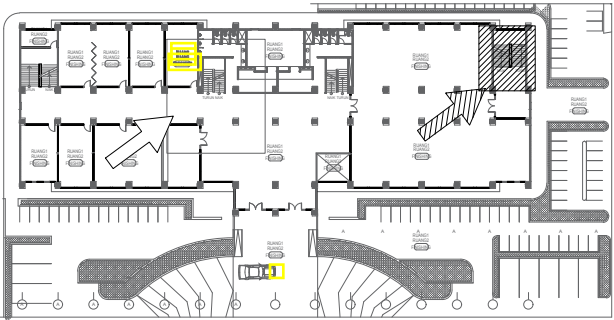
- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. DENAH TANGGA 2	1 : 50

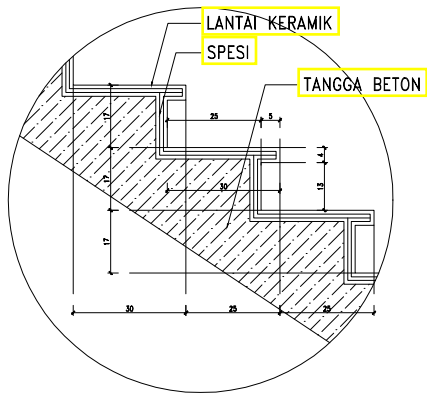
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	28	51



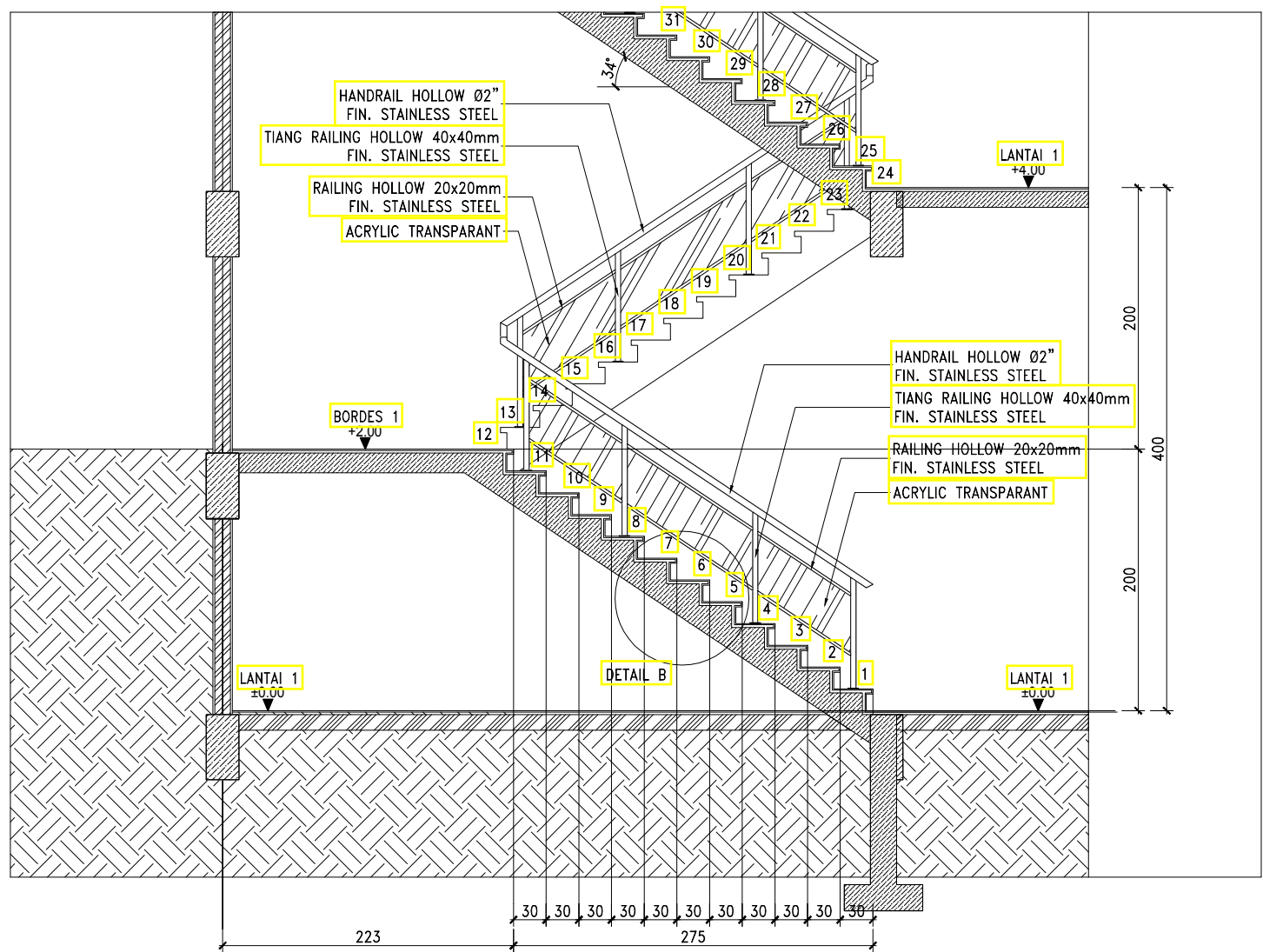
DENAH TANGGA 2
SKALA 1 : 50



KEYPLAN

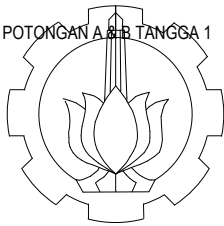


DETAIL A
SKALA 1 : 20



POTONGAN B TANGGA 2
SKALA 1 : 50

1. POTONGAN A & B TANGGA 1 1 : 50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

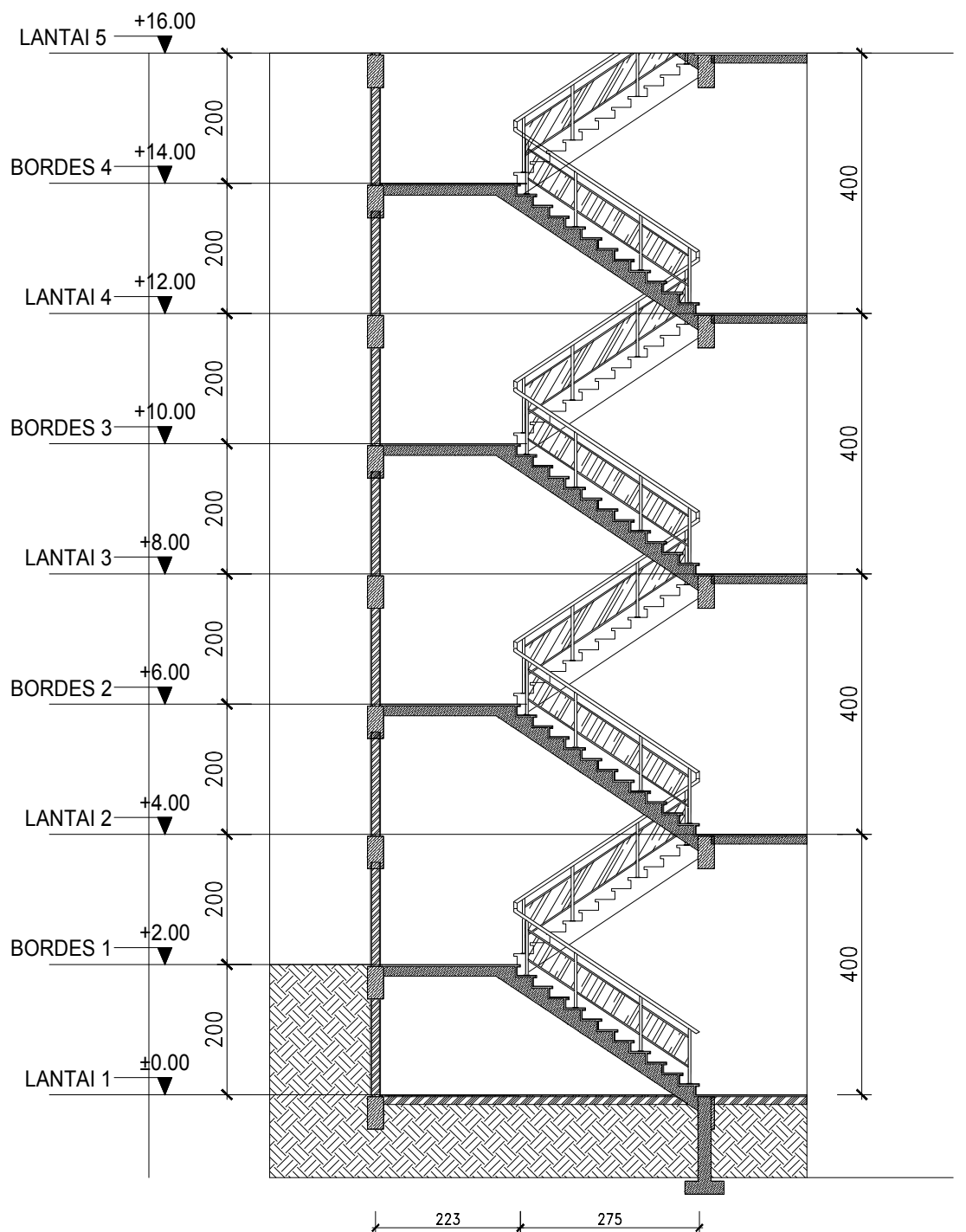
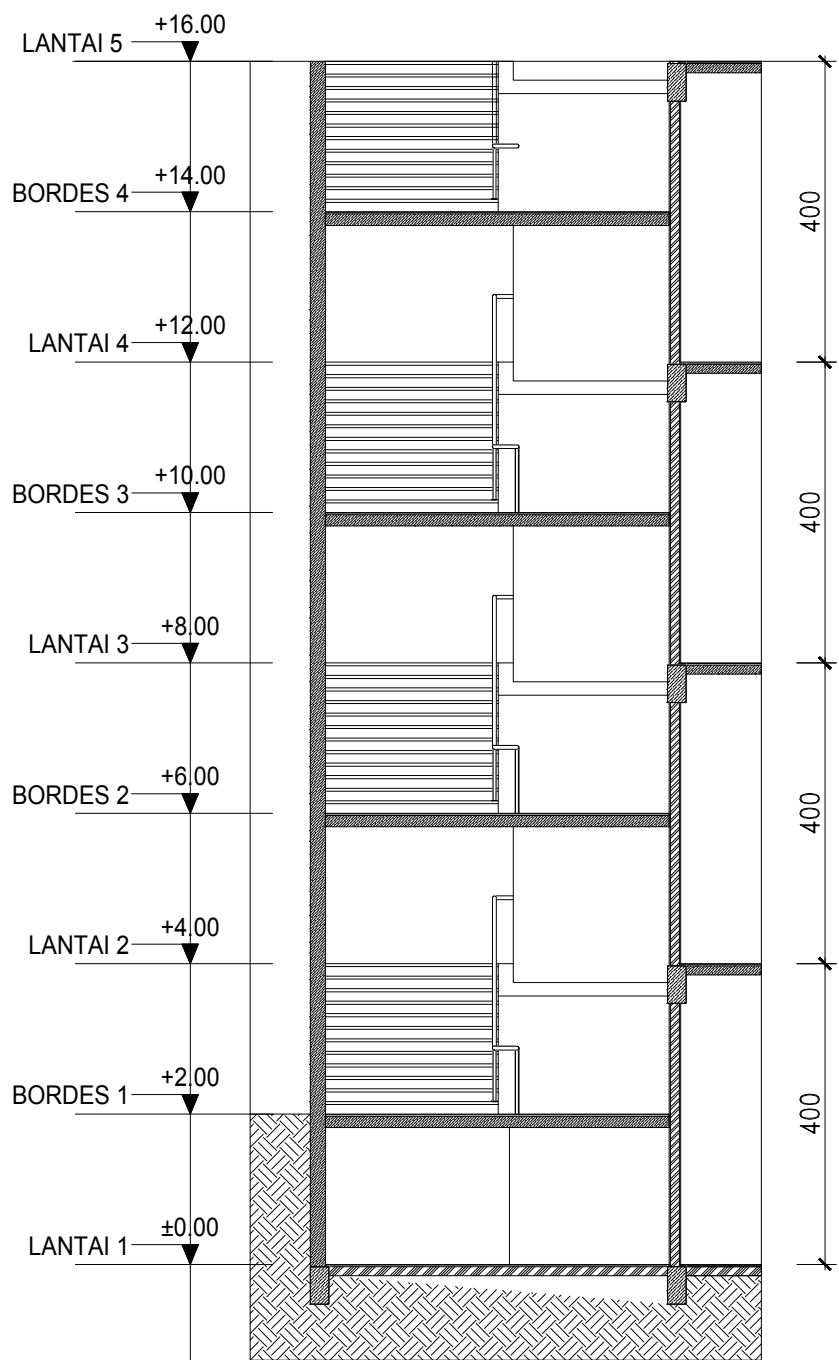
MENGETAHUI


NAMA MAHASISWA 2
WZARRAHMAN NOOR
1011150000077

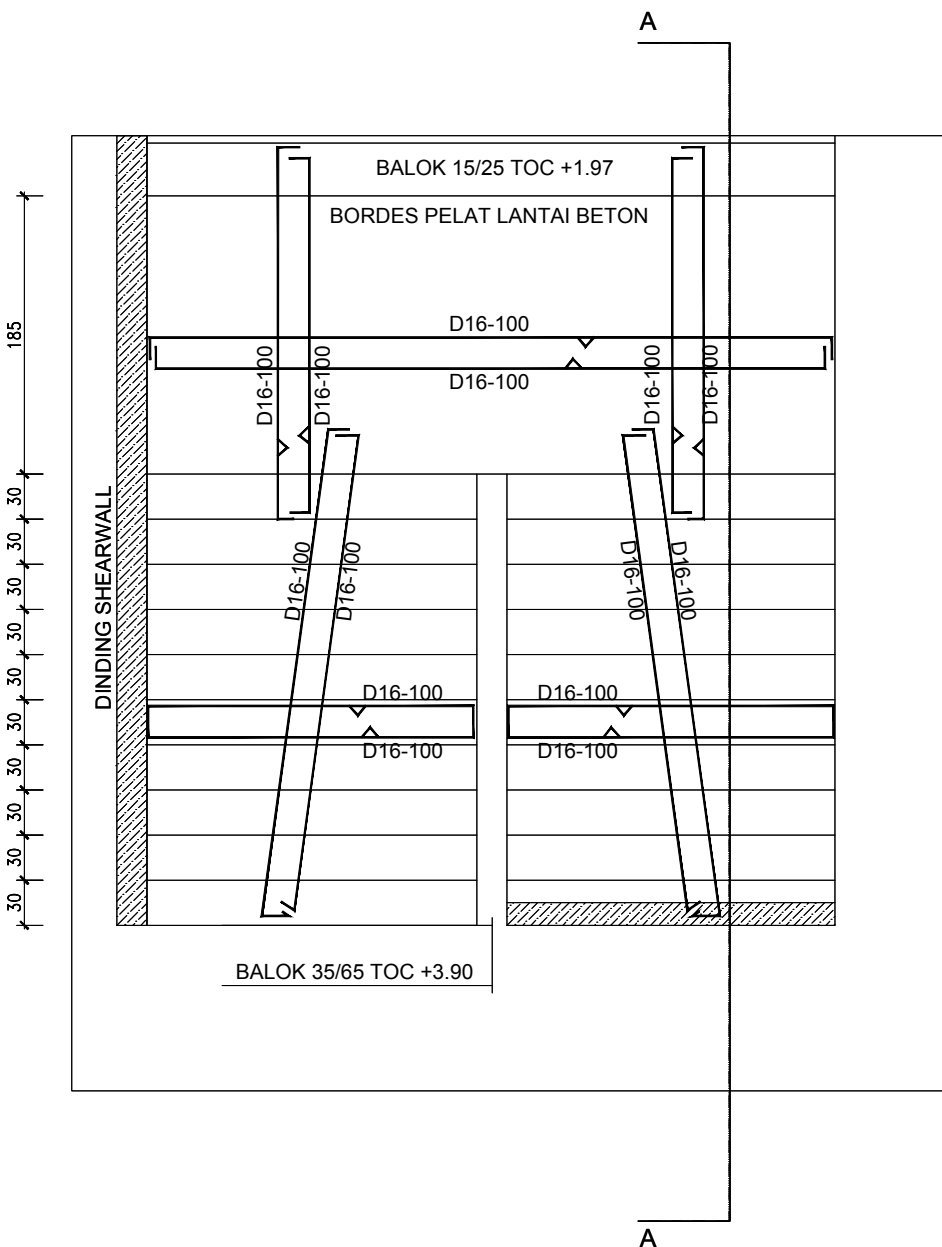
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

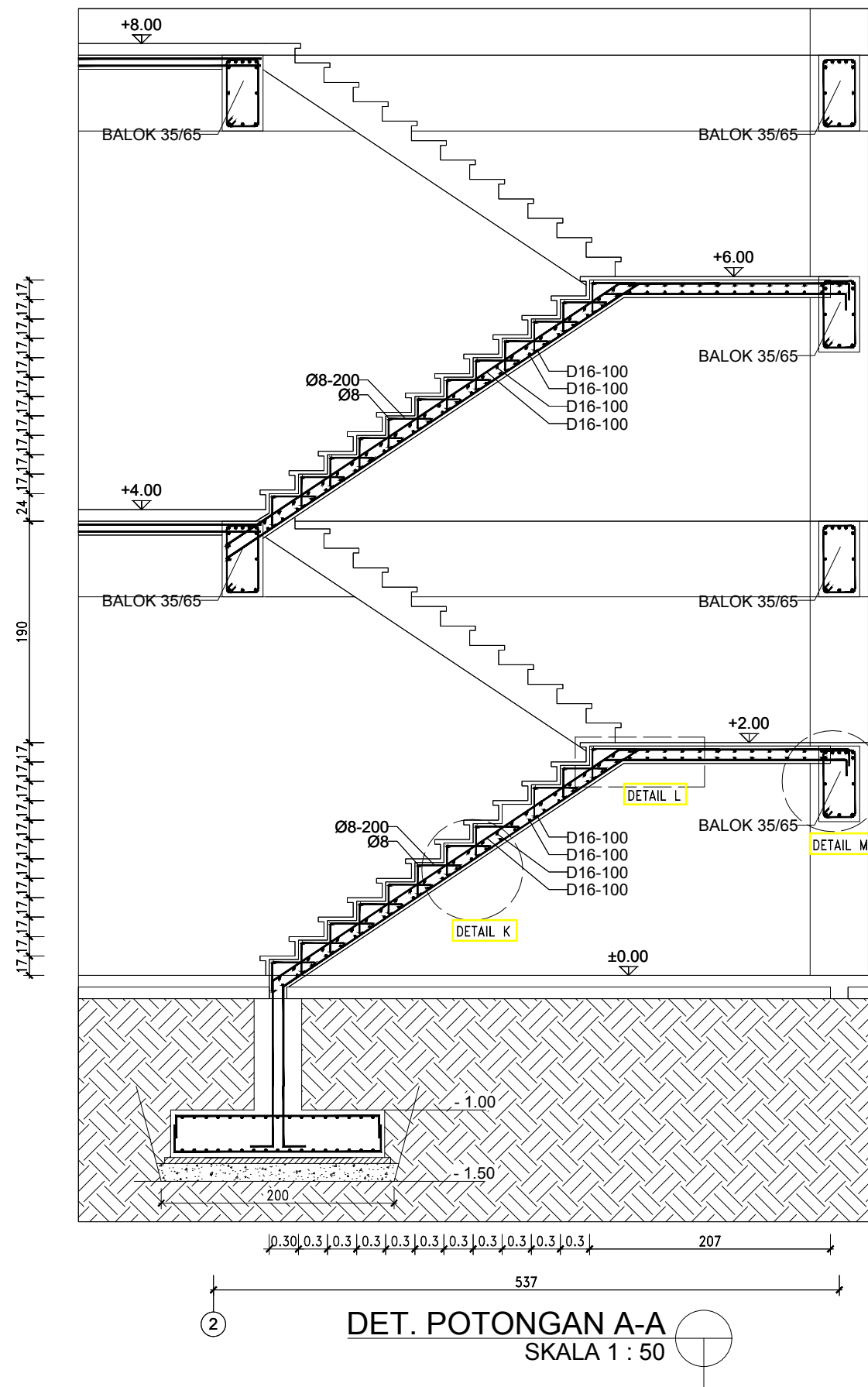
NAMA GAMBAR		SKALA
1. POTONGAN B TANGGA 2		1 : 50 1 : 20
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	29	51



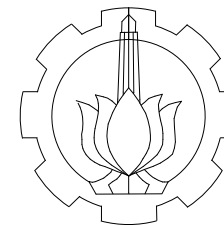
 <p>TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>		
KEGIATAN		
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASCA SARANA 5 LANTAI DI KOTA PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR RANCA PEMUKUL MOMEN MENENGAH		
LOKASI		
KOTA PALEMBANG		
REVISI	TGL.	TANDA TANGAN
MENGETAHUI		
Dosen Pembimbing I	Prof. Ir. W. Suci Darmawan MEng, Sc, PhD 198301/26 198301 1 001	
Dosen Pembimbing II	Agus Nur Hafid, ST, MT 198402/19 201504 1 001	
MENGETAHUI		
NAMA MAHASISWA 1	Dika Jula Rahmanto 1011150000063	
MENGETAHUI		
NAMA MAHASISWA 2	Nuzharwan Noor 1011150000071	
KETERANGAN TAMBAHAN		
1. Fungsi bangunan	: Gedung perkuliahan	
2. Jumlah lantai	: 5	
3. Panjang bangunan	: 20 m	
4. Lebar bangunan	: 64 m	
5. Jenis tanah	: Tanah sedang	
6. Zona gempa	: 2	
7. Mutu beton (fc)	: 30 Mpa	
8. Mutu baja lentur (fy)	: 400 Mpa	
9. Mutu baja geser (fy)	: 240 Mpa	
NAMA GAMBAR		SKALA
1. POTONGAN A & B TANGGA 2 LT. 1-5		1 : 100
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	30	51



PENULANGAN TANGGA 2
SKALA 1 : 50



DET. POTONGAN A-A
SKALA 1 : 50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI

TGL

TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai : 5
3. Panjang bangunan : 20 m
4. Lebar bangunan : 64 m
5. Jenis tanah : Tanah sedang
6. Zona gempa : 2
7. Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
9. Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR

SKALA

1. PENULANGAN TANGGA 2

1 : 50

KODE GAMBAR

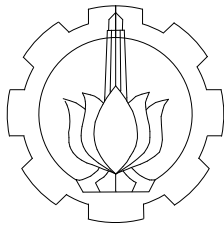
NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

STR

31

51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI	
DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D 19630726 198903 1 003

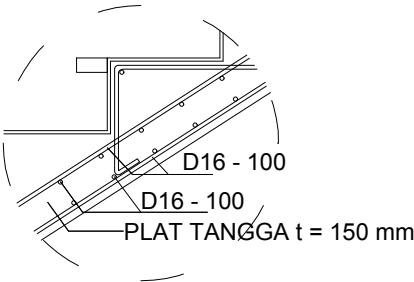
DOSEN PEMBIMBING II	AFIF NAVIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	---

MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063

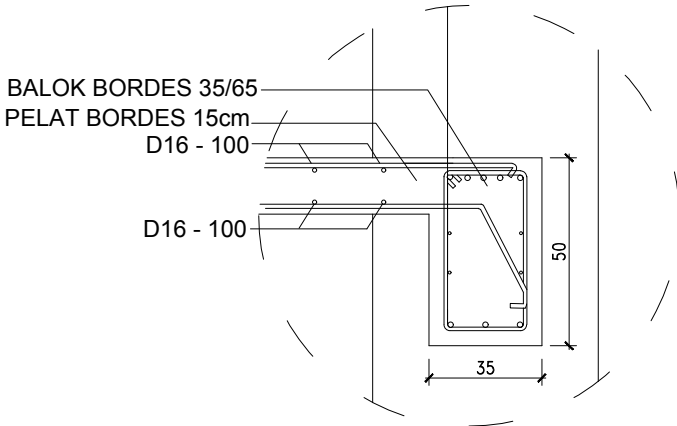
MENGETAHUI	
NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN	
1. Fungsi bangunan	: Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai	: 5
3. Panjang bangunan	: 20 m
4. Lebar bangunan	: 64 m
5. Jenis tanah	: Tanah sedang
6. Zona gempa	: 2
7. Mutu beton (fc')	: 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (fy)	: 400 Mpa
9. Mutu baja geser (fy)	: 240 Mpa

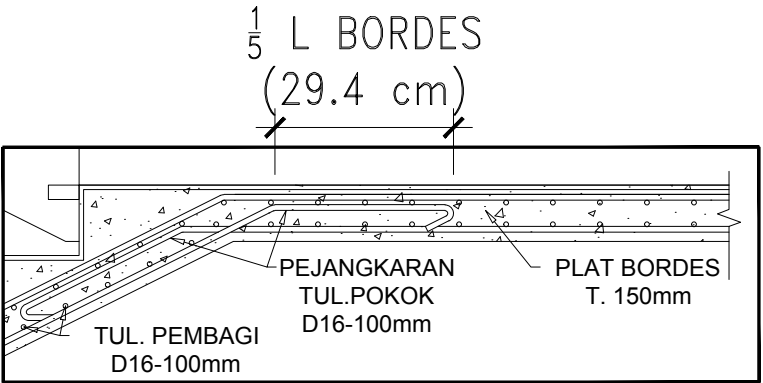
NAMA GAMBAR		SKALA
DETAIL K, L, M TANGGA		1 : 20
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	32	51



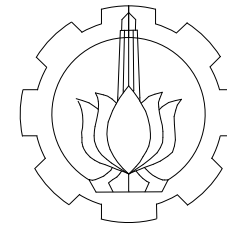
DETAIL K
SKALA 1 : 20



DETAIL M
SKALA 1 : 20



DETAIL L
SKALA 1 : 20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI

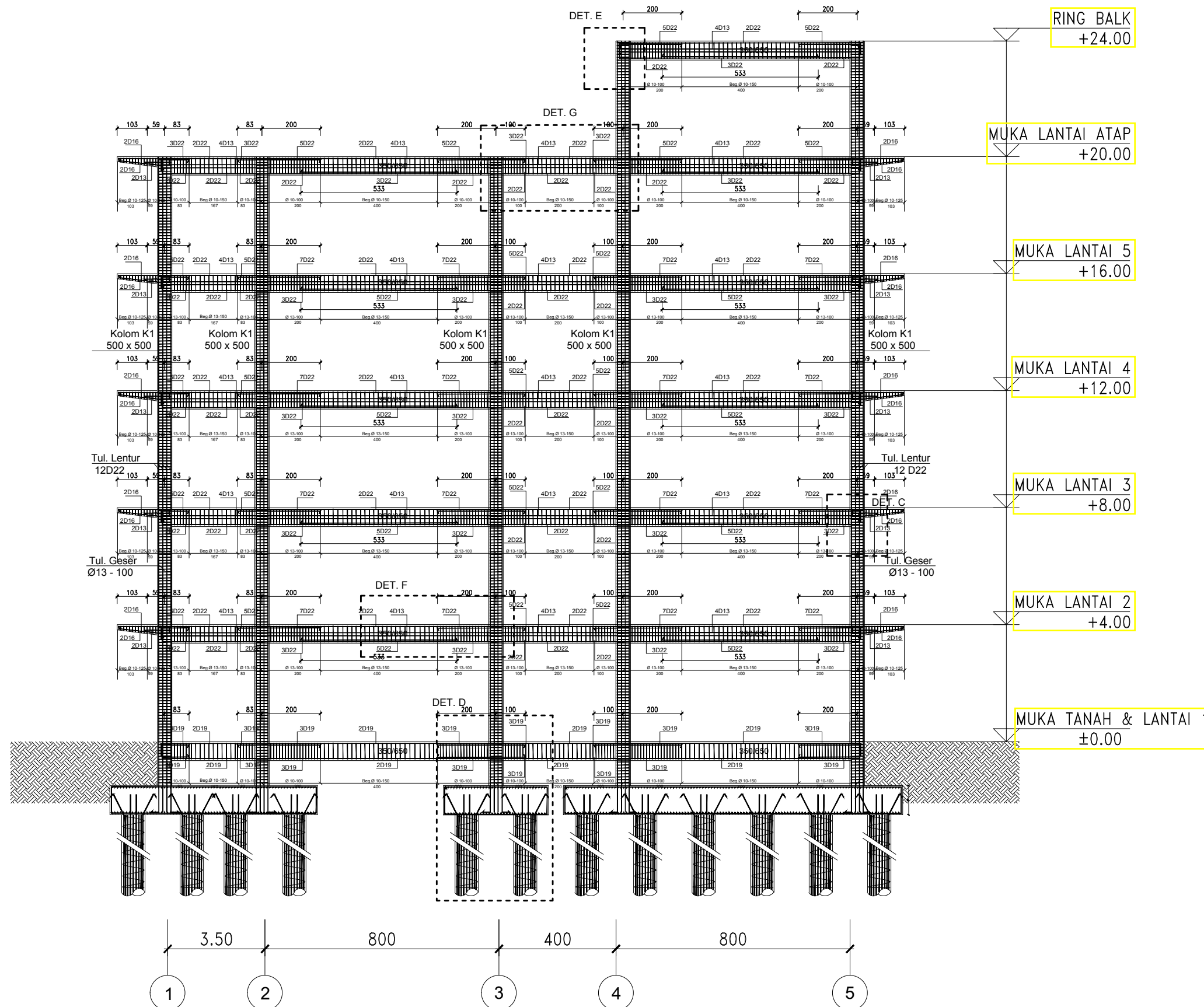
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

KETERANGAN TAMBAHAN

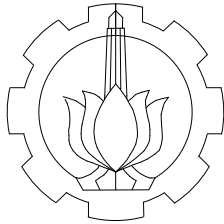
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
1. PORTAL MELINTANG AS H	1 : 150

KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	33	51



PORTAL MELINTANG AS H
SKALA 1 : 150



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN
--------	-----	--------------

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D. 19630726 198903 1 003
--------------------	---

DOSEN PEMBIMBING II	AFFE NAVIR REFANI, ST., MT. 19840919 201504 1 001
---------------------	--

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILIA RAHMAYATI 1011150000063
------------------	--

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2	NIZARRAHMAN NOOR 1011150000077
------------------	-----------------------------------

KETERANGAN TAMBAHAN

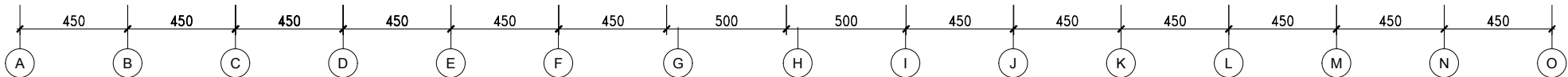
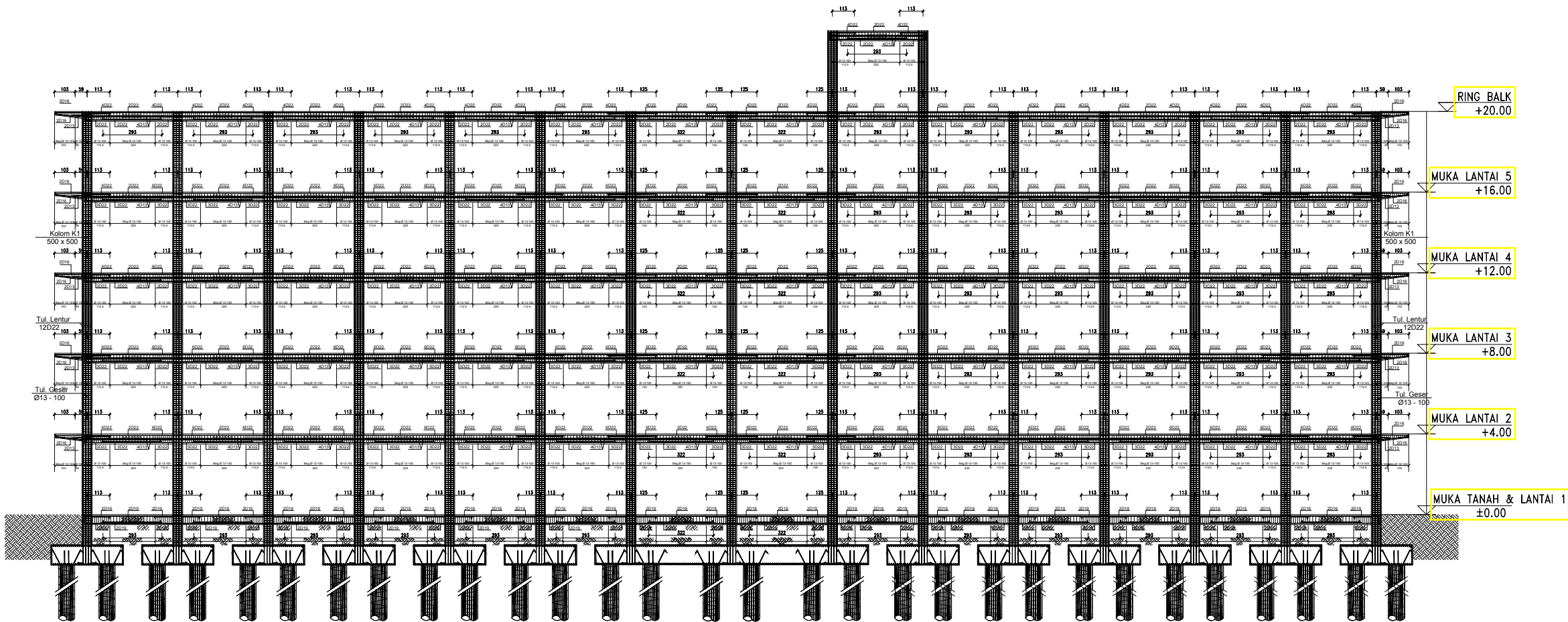
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

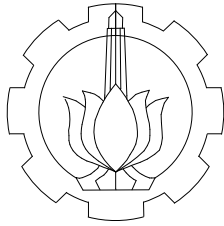
1. PORTAL MEMANJANG AS 3	1 : 250
--------------------------	---------

KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-------------	--------------	---------------

STR	34	51
-----	----	----



PORTAL MEMANJANG AS 3
SKALA 1 : 250



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

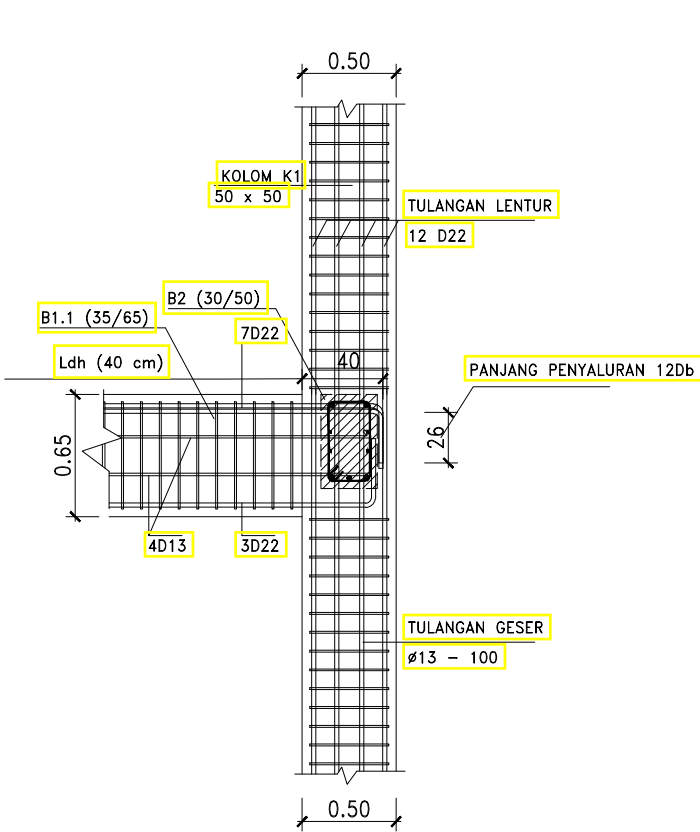
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

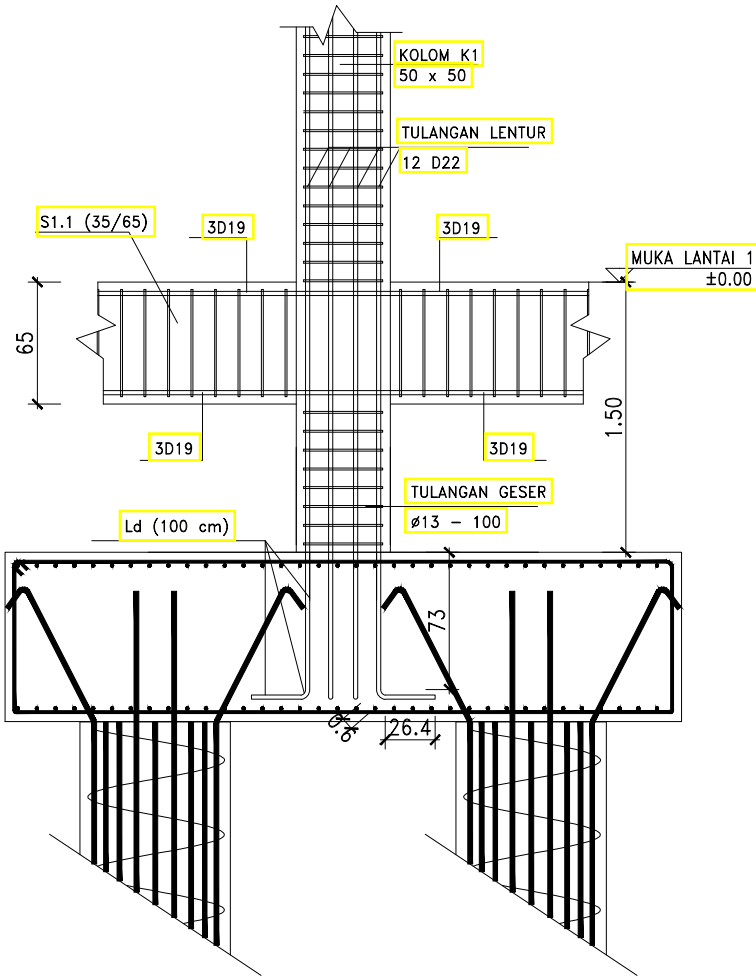
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

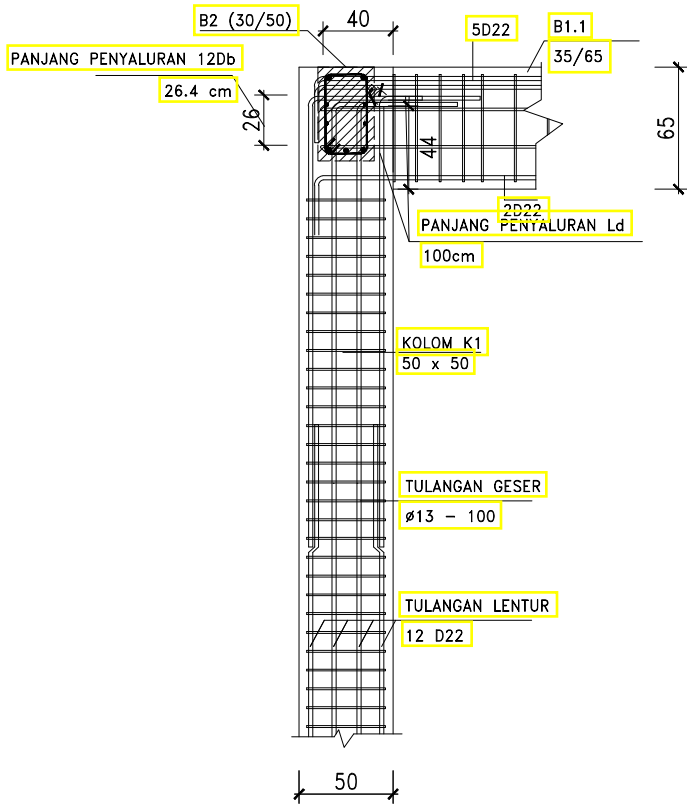
NAMA GAMBAR		SKALA
1. DETAIL C - D - E		1 : 40
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	35	51



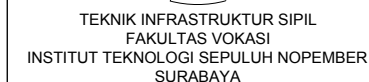
DETAIL C
SKALA 1 : 40



DETAIL D
SKALA 1 : 40



DETAIL E
SKALA 1 : 40



KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI	
--------	--

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFIF NAVIR REFANI. ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1

OKTA IALIA RAHMAWATI
10111500000063

MENGETAHUI

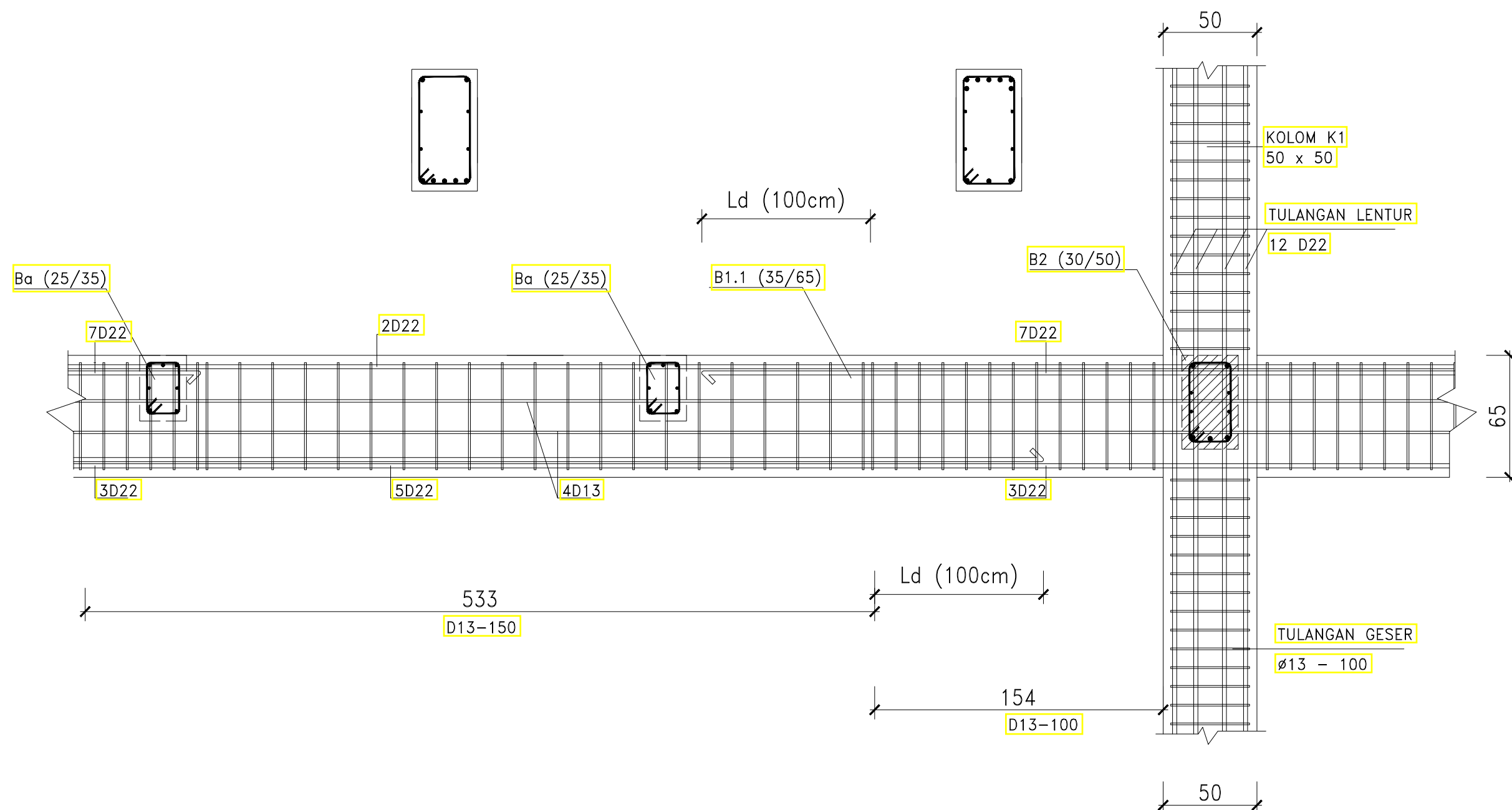
NAMA MAHASISWA 2

NIZARRAHMAN NOOR
10111500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. Fungsi bangunan | : Gedung perkuliahan |
| 2. Jumlah lantai | : 5 |
| 3. Panjang bangunan | : 20 m |
| 4. Lebar bangunan | : 64 m |
| 5. Jenis tanah | : Tanah sedang |
| 6. Zona gempa | : 2 |
| 7. Mutu beton (f_c') | : 30 Mpa |
| 8. Mutu baja lentur (f_y) | : 400 Mpa |
| 9. Mutu baja geser (f_y) | : 240 Mpa |

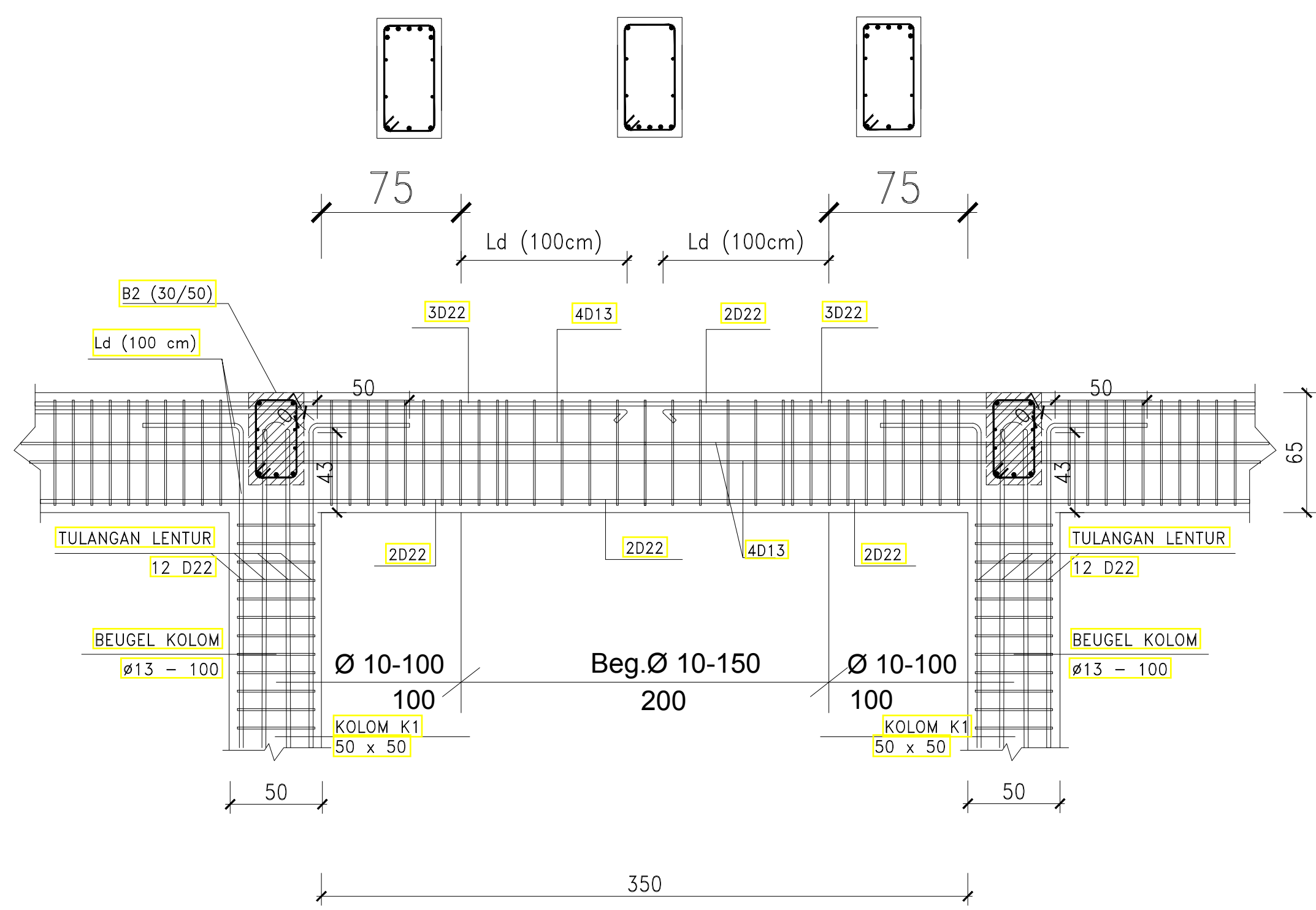
NAMA GAMBAR		S K A L A
1. DETAIL F		1 : 25
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	36	51



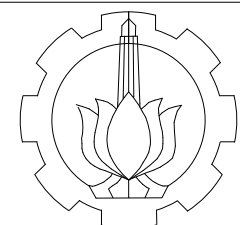
DETAIL F

SKALA 1 : 25





DETAIL G
SKALA 1 : 25



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI
KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

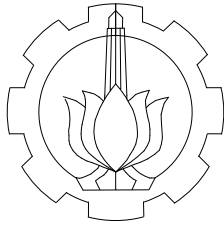
DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

MENGETAHUI
NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

- KETERANGAN TAMBAHAN
- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah lantai : 5
 - Panjang bangunan : 20 m
 - Lebar bangunan : 64 m
 - Jenis tanah : Tanah sedang
 - Zona gempa : 2
 - Mutu beton (fc') : 30 Mpa
 - Mutu baja lentur (fy) : 400 Mpa
 - Mutu baja geser (fy) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR		SKALA
1. DETAIL F		1:25
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	37	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAVIR REFANI, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILIA RAHMAYATI
1011150000063

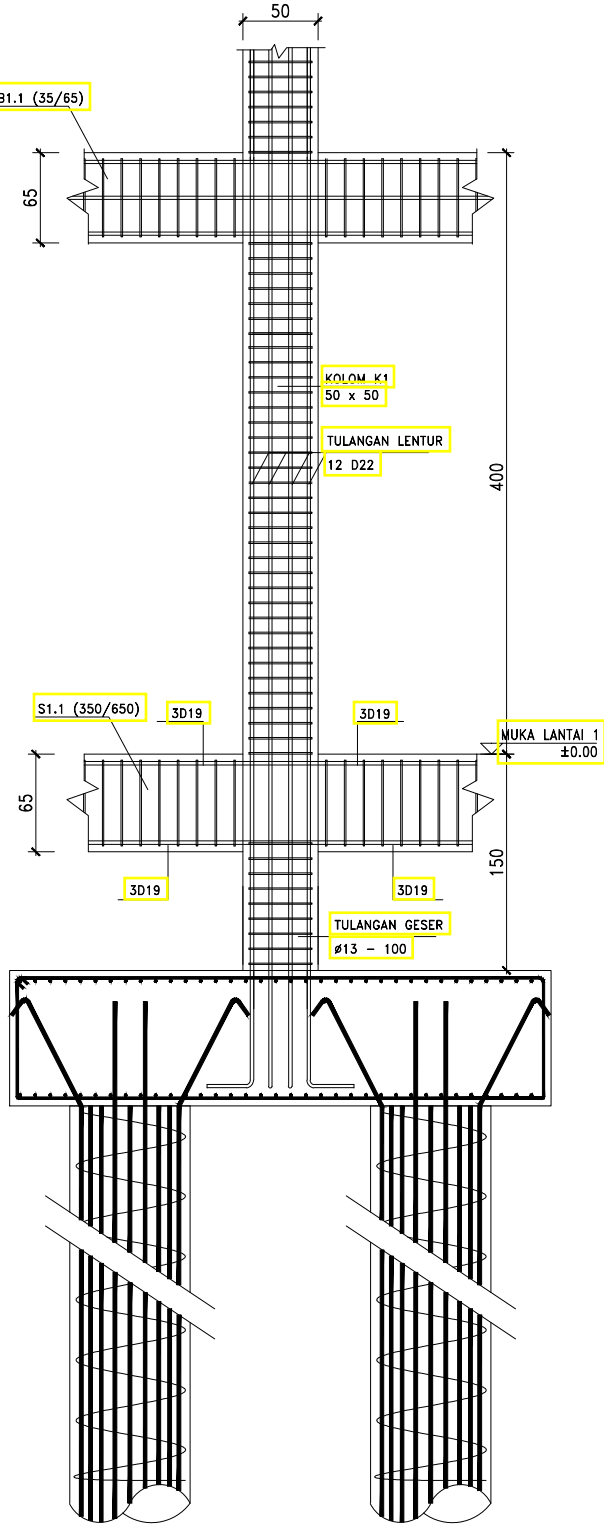
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZARRAHMAN NOOR
1011150000077

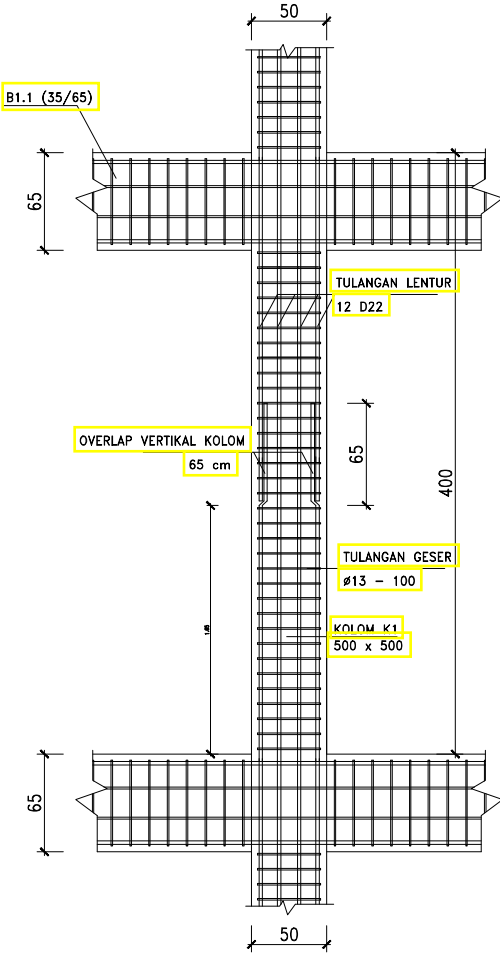
KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

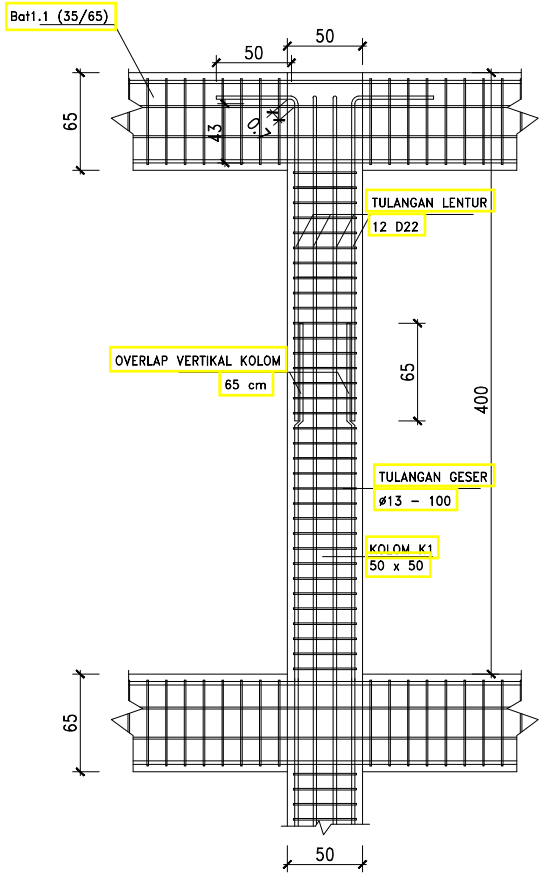
NAMA GAMBAR		SKALA
DETAIL KOLOM AS 3		1 : 50
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
STR	38	51



DETAIL KOLOM LANTAI 0-2
SKALA 1 : 50

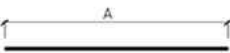
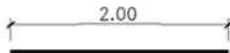
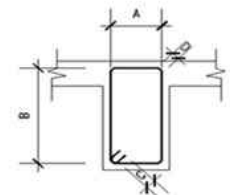
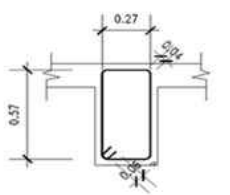
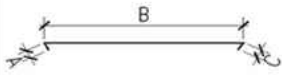

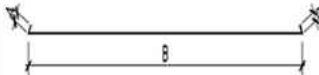
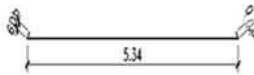
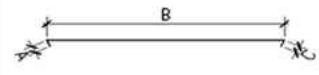

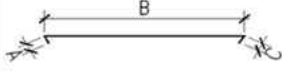
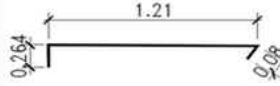


DETAIL KOLOM LANTAI 2-5
SKALA 1 : 50

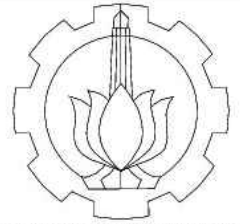


DETAIL KOLOM LANTAI 5-ATAP
SKALA 1 : 50

DETAIL KOLOM AS 3
SKALA 1 : 50

12	1	S1.2	UTAMA / LAPANGAN				22	2000					4	1	8	7.6E-04	23.87	1
13	1- atap tambahan	B1.1	GESER				13	270	570	78	40	-	61	58.438	0.000127093	174.34	5	
14	1	B1.1, S1.1, Bat 1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	1210	78	-	-	9	13.968	0.000589667	41.67	2	
15	1	B1.1, S1.1, Bat 1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	78	5340	78	-	-	21	115.416	0.00208815	344.32	10	
16	1	B1.1, S1.1, Bat 1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	78	3000	78	-	-	71	224.076	0.001199091	668.49	19	
17	1	B1.2, S1.2, Bat 1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	1210	78	-	-	6	9.312	0.000589667	27.78	1	
Total D22 pada 1 portal														110.18	0.0072	328.69	45	
Total D13 pada 1 portal														421.21	0.0046	1256.61	5	
Total														531.39	0.0118	1585.30	50	

BESTAT BALOK 



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN MEng.Sc., Ph.D. 19630726 198803 1 003
DOSEN PEMBIMBING II	AFIF NAWIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001

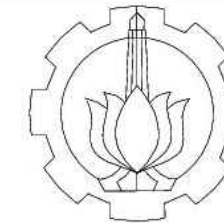
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILA RAHMATI 1011500000063
NAMA MAHASISWA 2	NIZARUDDIN MOOR 1011500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c) : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
BESTAT BALOK	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR
STR	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI TGL TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I
Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II
AFIF NAWIR REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1
OKTA LAILA RAHMATI
10111500000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2
NIZWIRAHMAN NOOR
10111500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai : 5
3. Panjang bangunan : 20 m
4. Lebar bangunan : 64 m
5. Jenis tanah : Tanah sedang
6. Zona gempa : 2
7. Mutu beton (f_c) : 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
9. Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR

SKALA

BESTAT BALOK

KODE GAMBAR

NOMOR LEMBAR

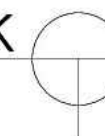
JUMLAH LEMBAR

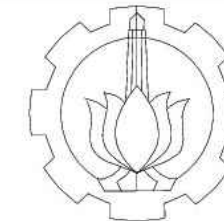
STR

51

NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL 1	DETAIL 2	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (mm)					n	n BALOK	PANJANG TOTAL (m)	VOLUME (m ³)	BERAT TOTAL (KG)	KEBUTUHAN LONJOR
								A	B	C	D	E						
1	01-Mei	B1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	2000	-	-	5	4	46.28000	0.017583623	138.07	4
2	1- atap tambahan	B1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	4000					5	8	160.00000	1.5E-03	477.33	14
3	1- atap	B1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	830	-	-	4	4	18.304	0.000434651	54.61	2
4	1- atap tambahan	B1.2	UTAMA / LAPANGAN				22	2000					4	4	32	7.6E-04	95.47	3

BESTAT BALOK





TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI TGL TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFF NAWIR REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA 1

OKTA LAILA RAHMATI
10111500000053

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2

NIZARRIHAN NOOR
10111500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai : 5
3. Panjang bangunan : 20 m
4. Lebar bangunan : 64 m
5. Jenis tanah : Tanah sedang
6. Zona gempa : 2
7. Mutu beton (f_c) : 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
9. Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR

BESTAT KOLOM

KODE GAMBAR

STR

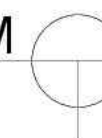
NOMOR LEMBAR

51

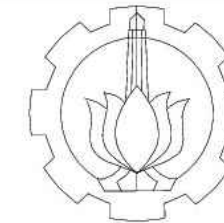
JUMLAH LEMBAR

51

BESTAT KOLOM



NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (m)					n PER KOLOM (buah)	PANJANG TOTAL (m)	BJ BAJA (kg/m³)	VOLUME (m³)	BERAT TOTAL (kg)	KEBUTUHAN LONJOR (buah)
							A	B	C	D	TOTAL						
1.0	1.0	K1	UTAMA / LENTUR			22.0					7.1	12.0	85.1	7850.0	0.0	253.8	7.1
			OVERLAP			22.0					0.7	12.0	7.8		0.0	23.3	0.7
			PENJANGKARAN			22.0	0.7	0.0	0.3	1.0	12.0	12.0	0.0		35.8	1.0	
			SENGKANG / GESER			13.0	0.4	0.4	0.0	0.1	1.2	70.9	88.3		0.0	92.0	7.4
			TOTAL D22												104.88		0.0398
TOTAL Ø10											88.32		0.0117	92.0	7.4		
TOTAL											193.20		0.0516	404.9	16.1		



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI TGL TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFF NAWA REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1

OKTA LAILA RAHMATI
10111500000063

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2

NIZARAHMAN NOOR
10111500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai : 5
3. Panjang bangunan : 20 m
4. Lebar bangunan : 64 m
5. Jenis tanah : Tanah sedang
6. Zona gempa : 2
7. Mutu beton (f_c) : 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
9. Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR SKALA

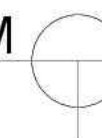
BESTAT KOLOM


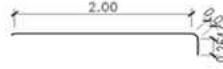
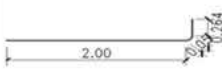
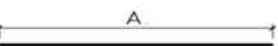
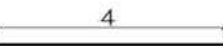
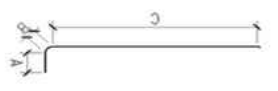
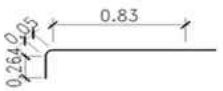
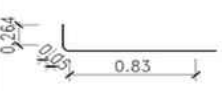

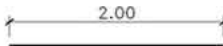

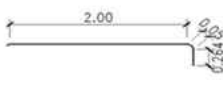
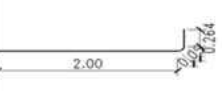

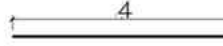

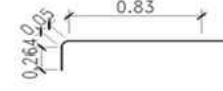
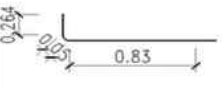
KODE GAMBAR NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

STR 51

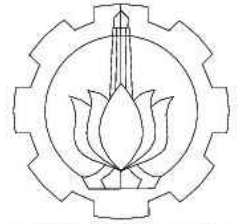
NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (m)					n PER KOLOM (buah)	PANJANG TOTAL (m)	BJ BAJA (kg/m³)	VOLUME (m³)	BERAT TOTAL (kg)	KEBUTUHAN LONJOR (buah)			
							A	B	C	D	TOTAL									
6	Atap	K1	UTAMA / LENTUR			22					3.57	12	42.84	7850	0.01627663	127.806	4			
			OVERLAP																	
			PENJANGKARAN			22	0.5	0.07	0.43	1	8	8	0.003040					23.86666667	1	
			SENGKANG / GESER			13	0.39	0.39	0.0157	0.06	1.6357	35.7	58.39449					0.00774691	60.82759375	5
			TOTAL D22															50.84		0.01931615
TOTAL Ø10											58.39449		0.00774691	60.83	5					
TOTAL											109.23449		0.02706305	212.50	9					

BESTAT KOLOM



5	1- atap tambahan	Bat1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	2000	-	-	4	3	27.76800	0.000879181	82.84	3
6	1- atap tambahan	Bat1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	4000					2	3	24.00000	1.5E-03	71.60	2
7	1- atap	Bat1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	830	-	-	4	1	4.576	0.000434651	13.65	1
8	1- atap tambahan	Bat1.2	UTAMA / LAPANGAN				22	2000					4	2	16	7.6E-04	47.73	2
9	1	S1.1	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	2000	-	-	4	1	9.256	0.000879181	27.61	1
10	1	S1.1	UTAMA / LAPANGAN				22	4000					4	1	16	1.5E-03	48	2
11	1	S1.2	UTAMA / TUMPUAN				22	264	50	830	-	-	4	1	4.576	0.000434651	13.65	1

BESTAT BALOK 



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI	TGL	TANDA TANGAN
--------	-----	--------------

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I	Prof. Ir. M. SIGIT DAMAMNAN MEng.Sc., Ph.D. 19630728 198903 1 003
--------------------	--

DOSEN PEMBIMBING II	AFFI NAWIR REFANI, ST., MT 19840919 201504 1 001
---------------------	---

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1	OKTA LAILA RAHMADATI 10111500000063
------------------	--

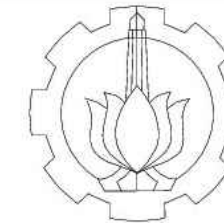
MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2	MUZAFARHANN MOOR 10111500000077
------------------	------------------------------------

KETERANGAN TAMBAHAN

- Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
- Jumlah lantai : 5
- Panjang bangunan : 20 m
- Lebar bangunan : 64 m
- Jenis tanah : Tanah sedang
- Zona gempa : 2
- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
- Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR	SKALA
BESTAT BALOK	
KODE GAMBAR	NOMOR LEMBAR
STR	51



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KEGIATAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
PASCASARJANA 5 LANTAI DI KOTA
PALEMBANG DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

LOKASI

KOTA PALEMBANG

REVISI TGL TANDA TANGAN

MENGETAHUI

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. M. SIGIT DARMAWAN M.Eng.Sc., Ph.D.
19630726 198903 1 003

DOSEN PEMBIMBING II

AFF NAWA REFANI, ST., MT
19840919 201504 1 001

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 1

OKTA LAILA RAHMATI
1011500000053

MENGETAHUI

NAMA MAHASISWA 2

NIZARSHAHAN NOOR
1011500000077

KETERANGAN TAMBAHAN

1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
2. Jumlah lantai : 5
3. Panjang bangunan : 20 m
4. Lebar bangunan : 64 m
5. Jenis tanah : Tanah sedang
6. Zona gempa : 2
7. Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
8. Mutu baja lentur (f_y) : 400 Mpa
9. Mutu baja geser (f_y) : 240 Mpa

NAMA GAMBAR SKALA

BESTAT KOLOM

KODE GAMBAR NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

STR

51

NO	LANTAI	KOLOM	TULANGAN	SKETSA	DETAIL	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (m)					n PER KOLOM (buah)	PANJANG TOTAL (m)	BJ BAJA (kg/m³)	VOLUME (m³)	BERAT TOTAL (kg)	KEBUTUHAN LONJOR (buah)
							A	B	C	D	TOTAL						
2-5	2-5	K1	UTAMA / LENTUR			22					4	12	48	7850	0.01823712	143.2	4
			OVERLAP			22					0.65	12	7.8		0.00296353	23.27	1
			PENJANGKARAN														
			SENGKANG / GESER			13	0.39	0.39	0.0157	0.06	1.6357	40	65.428		0.00868001	68.15416667	5
TOTAL D22													55.8		0.02120065	166.47	5
TOTAL Ø10													65.428		0.00868001	68.15	5
TOTAL													121.228		0.02988066	234.62	10

BESTAT KOLOM

